



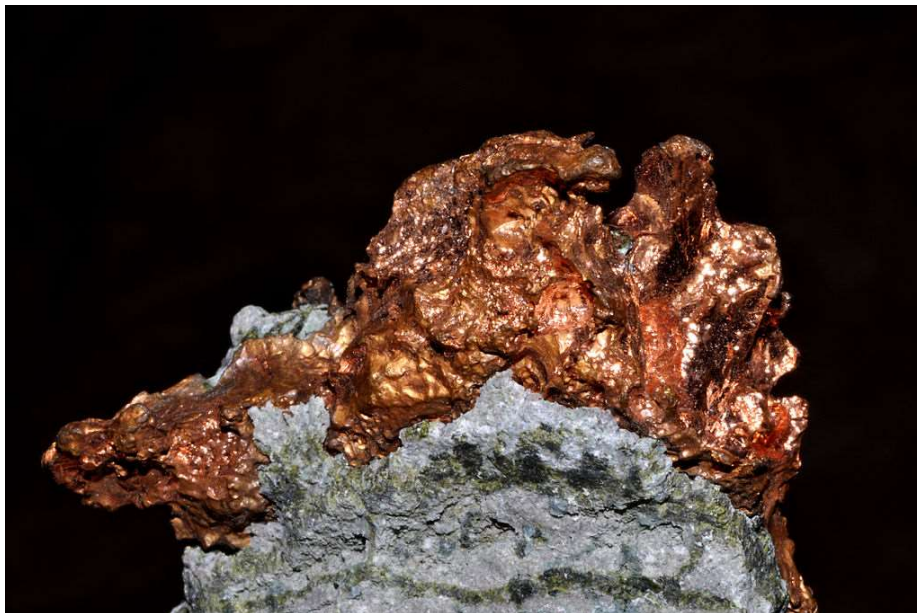
**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

# **Ο χαλκός της Κύπρου**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μάριος Αντωνίου

Σεπτέμβριος 2017

**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**Ο ΧΑΛΚΟΣ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ**



Μάριος Αντωνίου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ελένη Κόκκινου  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

**Επιτροπή Αξιολόγησης :** Δρ. Ελένη Κόκκινου  
: Δρ. Παντελεήμων Σουπιός  
: Δρ. Καλδέρης Δημήτριος

**Ημερομηνία Παρουσίασης :**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :**

---

## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην καθηγήτρια μου, κυρία Ελένη Κόκκινου, για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερε στο διάστημα της επιμέλειας της πτυχιακής μου εργασίας. Με την βοήθεια της, επέλεξα το θέμα το οποίο απαιτούσε αρκετή έρευνα και μελέτη την οποία έφερα εις πέρας. Επιπλέον κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της εργασίας, η συμβολή της ήταν καταλυτική με τις πληροφορίες που μου προσέφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα Τμήματα Γεωλογικής Επισκόπησης και Περιβάλλοντος και την Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Κύπρου, για τις πληροφορίες που μου παραχωρήθηκαν, οι οποίες με βοήθησαν πάρα πολύ στην πραγματοποίηση της εργασίας μου.

---

---

## Περίληψη

---

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει μια σφαιρική εικόνα και να προβάλει τη σημασία, την ιστορία και την μεταλλευτική δραστηριότητα των ορυκτών πόρων και κυρίως την ιστορία του χαλκού στην Κύπρο. Επίσης ο εντοπισμός, οι χρήσεις, η κατεργασία και η επεξεργασία αυτών των ορυκτών πόρων από τα παλιά χρόνια μέχρι και σήμερα στις μέρες μας. Πώς έχει δημιουργηθεί ο χαλκός μέσα στα χρόνια και ποια η σύσταση του. Η ιστορία της Κύπρου είναι στενά συνδεδεμένη με την παραγωγή και την εμπορία του χαλκού καθώς και τα βιομηχανικά ορυκτά. Οι εποχές κατά τις οποίες τα κυριότερα μεταλλεία ήταν σε λειτουργία παλιά και μερικά μέχρι και σήμερα. Η κύρια ιδέα της εργασίας είναι να μελετηθεί το παρελθόν και το παρόν της εξόρυξης του χαλκού στην Κύπρο σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Με την παραμέληση των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων στο νησί έχουν μείνει πίσω αποθέματα από εγκαταλελειμμένα μεταλλεία, όπου σε κάποιες περιπτώσεις αποτελούν πηγές περιβαλλοντικής ρύπανσης, όπως μας δείχνουν κάποιες μελέτες και πρέπει σύντομα να αποκατασταθεί η ρύπανση που έχει προκληθεί.

---

---

## Abstract

---

The purpose of the dissertation is to present and highlight the meaning, the history and the mining activity of the mineral resources focusing on the history of copper in Cyprus. Also, the identification, usage, process and elaboration of these mineral resources from the old days to the present years. Further analysis is presenting how copper has been created and evolved over the years and its composition. The history of Cyprus is closely related to the production and trading of copper and industrial minerals. Several mines were in operation from many years ago, with some of them operating up until now. The main idea of the dissertation is the comparison between the old and the developed procedures of the copper extraction based on today's elements.

Recent studies have shown that the abandoned mines have led to the neglect of the mining activities, factors that have caused serious environmental pollution in the island. Certain measures need to be taken in order for the damages to be controlled and restored.

---

---



---

## Περιεχόμενα

---



---

1	Εισαγωγή.....	8
1.1	Γενικά .....	8
1.2	Χρησιμότητα και σημασία του χαλκού στην ζωή μας.....	8
1.3	Δημιουργία και γένεση .....	9
1.3.1	Ο χαλκός στα αρχαία χρόνια .....	10
1.3.2	Ο τρόπος εξόρυξης στην Ρωμαϊκή περίοδο.....	14
1.3.3	Ο χαλκός στους πιο πρόσφατους χρόνους.....	15
2	Μεταλλεία.....	16
2.1	Μεταλλεία χαλκού .....	16
2.2	Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας.....	16
2.3	Μεταλλείο Κοκκινόγιας .....	17
2.4	Μεταλλείο Σκουριώτισσας .....	18
2.5	Η συνεισφορά των μεταλλείων στην οικονομία και την οικονομική ζωή στο νησί.....	19
3	Εξορυκτική μεταλλουργία.....	21
3.1	Ορυκτά και μεταλλεύματα .....	21
3.2	Επεξεργασία ορυκτών και τρόποι επεξεργασίας .....	21
3.2.1	Πυρομεταλλουργία.....	23
3.2.2	Υδρομεταλλουργία – Βιοεγχύλιση.....	24
3.2.3	Εγχύλιση σε σωρούς .....	28
3.2.4	Εξαγωγή με οργανικούς διαλύτες .....	30
3.2.5	Η βασική διεργασία διαχωρισμού.....	31
4	Μέθοδος εγχύλισης μεταλλίου Σκουριώτισσας.....	37
4.1	Γενικά στοιχεία .....	37
4.2	Η παραγωγική διεργασία.....	38
5	Συμπεράσματα.....	53
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55
7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	57
8	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 .....	60

---

## Σχήματα και Πίνακες

---

Σχήμα 1.1:	Ευρήματα από την Αρχαιότητα .....
Σχήμα 1.2:	Αρχαία σκουριά χαλκού .....
Σχήμα 1.3:	Τυποποιημένο τάλαντο χαλκού με σήμανση και με σύμβολα της Κυπρομινωϊκής γραφής από την Έγκωμη (13 <sup>ος</sup> π.Χ αιώνας) .....
Σχήμα 1.4:	Θεός του ταλάντου από την Έγκωμη σε βάση τυποποιημένου ταλάντου χαλκού (13 <sup>ος</sup> π.Χ αιώνας) .....
Σχήμα 2.1:	Η περιοχή της Κοκκινοπεζούλας σήμερα είναι προορισμός επιστημόνων και επισκεπτών .....
Σχήμα 2.2:	Μεταλλείο Σκουριώτισσας .....
Σχήμα 2.3:	Μεταλλείο Φοίνικα .....
Πίνακας 2.1:	Χαλούχα - Χρυσοφόρα μεταλλεία χαλκού της Κύπρου και Εταιρείες που δραστηριοποιήθηκαν στο νησί
Σχήμα 3.1:	Παρουσία της παραγωγής τον 20 <sup>ο</sup> αιώνα παγκοσμίως ...
Πίνακας 3.1:	Πίνακας αποθεμάτων σε υποθαλάσσια μέταλλα .....
Σχήμα 3.2:	Μέθοδος ανάκτησης μετάλλου .....
Σχήμα 4.1:	Ένωση πλαστικών καλωδίων .....
Σχήμα 4.2:	Διάταξη τμήματος θραύσης
Σχήμα 4.3:	Σύστημα ελέγχου και κεντρικό σύστημα ελέγχου
Σχήμα 4.4:	Χαρμάνι που φτιάχνεται με την βοήθεια του εργολάβου
Σχήμα 4.5:	Σιαγωνοφόρος σπαστήρας .....
Σχήμα 4.6:	Σχάρα κοσκινίσματος διπλού πατώματος .....
Σχήμα 4.7:	Κοχλιοφόροι υδατοταξινομητές .....
Σχήμα 4.8:	Κοχλίας με συγκεκριμένη κλίση .....
Σχήμα 4.9:	Ο παχυντής .....
Σχήμα 4.10:	Σωροί εκχύλισης .....
Σχήμα 4.11:	Λίμνη τελμάτων .....
Σχήμα 4.12:	Τμήμα αναμικτήρα.....
Σχήμα 4.13:	Δεξαμενή ανάμειξης και διαχωρισμού .....

- 
- Σχήμα 4.14: Ο τρίτος αναμικτήρας που εμπλουτίζει τον ηλεκτρολύτη με τα ιόντα χαλκού .....
- Σχήμα 4.15: Τα κελιά ηλεκτρόλυσης .....
- Σχήμα 4.16: Οι μητρικές καθόδοι .....
- Σχήμα 4.17: Παραγώμενος χαλκός πάνω στην πλάκα καθόδου .....
- Σχήμα 5.1: Γενική όψη του Μεταλλείου της Σκουριώτισσας .....

---

# 1 Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενικά

Ο χαλκός (Cu) είναι μεταλλικό χημικό στοιχείο, με χαρακτηριστικό κοκκινωπό χρώμα. Έχει ατομικό αριθμό 29, ατομικό βάρος 63,54, ειδικό βάρος  $8,93\text{gr/cm}^3$  και σημείο τήξης  $1084^\circ\text{C}$ . Από τα μέταλλα, μετά τον άργυρο, είναι ο καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού και της θερμότητας. Λόγω των εξαιρετων φυσικών του ιδιοτήτων όπως η αγωγιμότητα, η αντοχή στην ατμοσφαιρική διάβρωση χάρη στη λεπτή επιφανειακή οξειδωση που σχηματίζει ο ανθρακικός χαλκός, το ελατό και το όλκιμο του, ο χαλκός έχει ευρύτατη χρήση στην βιομηχανία είτε μόνος είτε υπό μορφή κραμάτων. Από τα βασικότερα κράματα του χαλκού είναι ο μπρούντζος που αποτελείται από (75% χαλκό και 25% κασσίτερο) και ο ορείχαλκος (60-80% χαλκό και 20-40% ψευδάργυρο).

Οι μηχανικές ιδιότητες του χαλκού και ιδιαίτερα η ελατότητα του, δηλαδή η ικανότητά του να σφυρηλατηθεί, η αντοχή του στον εφελκυσμό, η μεγάλη πλαστικότητα του και τέλος η ικανότητά του να υφίσταται μόνιμη επιμήκυνση με απλή έλξη (ολκιμότητα) και η ευρεία σχετικά διάδοσή του υπό αυτοφυή μορφή, προσέλκυσε το ενδιαφέρον του προϊστορικού ανθρώπου ο οποίος, σύμφωνα με τους αρχαιολόγους, άρχισε να τον χρησιμοποιεί από την 4<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. αντικαθιστώντας με το μέταλλο αυτό τα ως τότε λίθινα εργαλεία, όπλα και σκεύη. Είναι το πρώτο μέταλλο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για την κατασκευή διαφόρων σκευών, εργαλείων και όπλων.

Η ανακάλυψη και χρήση του χαλκού, αρχικά μόνου και σε μεταγενέστερο στάδιο υπό μορφή κρατερώματος, δηλαδή μείγματος χαλκού (92-93%) και κασσίτερου (7-8%) καθώς επίσης αρσενικούχου χαλκού (μείγμα χαλκού και αρσενικού) αποτελεί ένα από τους σημαντικότερους σταθμούς της εξελικτικής πορείας του ανθρώπου.

## 1.2 Χρησιμότητα και σημασία του χαλκού στην ζωή μας

1. Χημεία και περιβάλλον: Οι ενώσεις του χαλκού καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος χρήσεων για την χημική βιομηχανία. Ο μεταλλικός χαλκός και το οξειδίο του χρησιμοποιούνται ως καταλύτες οξειδωσης, ενώ κάποιες άλλες ενώσεις του χρησιμοποιούνται για τον χρωματισμό του γυαλιού, για ανίχνευση σακχάρων, για παρασκευή φελίγγειου υγρού κ.α.
2. Στην ηλεκτρονική: Γίνονται πολλές κατασκευές ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως καλώδια, πηνία, πλακέτες τυπωμένα κυκλώματα, ηλεκτρομαγνήτες για γεννήτριες κ.α.



3. Ιατρική: Ο χαλκός έχει την ιδιότητα να μην επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στην επιφάνειά του. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται στην ιατρική ως βιοστατικό στοιχείο με αντιμικροβιακή δράση.
4. Άνθρωπος και ζώα: Ο χαλκός περιέχεται στην λειτουργία πολλών οργανισμών. Βοηθά στη την σωστή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Ο χαλκός υπάρχει στο κρέας, στα λαχανικά, στα καρύδια, στους σπόρους (ολικής αλέσεως) κλπ. Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και συμβάλλει στη διατήρηση του μυϊκού συστήματος. Βοηθά στην παραγωγή ενέργειας, στη δέσμευση των ελεύθερων ριζών, στην απορρόφηση του σιδήρου, στη μεταφορά οξυγόνου, στο σχηματισμό αιμοσφαιρίνης και στο σχηματισμό συνδετικού ιστού. Επίσης συμβάλλει στη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος.
5. Κατασκευές: Είναι το βασικό συστατικό για την κατασκευή κερμάτων. Επίσης τον συναντάμε στις οικοδομές, κυρίως στις σωλήνες μεταφοράς ζεστού και κρύου νερού για οικιακές χρήσεις, στα κλιματιστικά, στα ηλιακά και στις σωλήνες της κεντρικής θέρμανσης.
6. Κράματα: Τα κυριότερα κράματα του χαλκού είναι ο μπρούτζος και ο ορείχαλκος, με τα οποία κατασκευάζονται διάφορα αντικείμενα, όπως εργαλεία, όπλα, γλυπτά, όργανα μέτρησης, διακοσμητικά σκεύη, μουσικά όργανα κ.ά.

### 1.3 Δημιουργία και γένεση

Η ιστορία του χαλκού στη Κύπρο αρχίζει από το 4000 π.Χ. μέχρι και σήμερα. Υπήρξε μια ασταμάτητη λειτουργία στα μεταλλεία εξόρυξης του χαλκού, που είχε ως αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη και πρόοδο στο νησί. Η Κύπρος είναι από τα μέρη στον κόσμο όπου η διαμόρφωση του εδάφους της έπαιξε σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του φυσικού της περιβάλλοντος. Η τοποθεσία της Κύπρου τόσο από την αρχαιότητα, όσο και στους νεότερους χρόνους, αποτέλεσε σημαντική αιτία στην ιστορική, πολιτιστική, κοινωνική και οικονομική εξέλιξη του νησιού. Μια σειρά μοναδικών και πολύπλοκων γεωλογικών διαδικασιών, βοήθησαν στη δημιουργία της Κύπρου και την κατέστησε γεωλογικό πρότυπο ανά τον κόσμο. Η μελέτη της, βοήθησε στην μελέτη και κατανόηση της εξέλιξης των ωκεανών και του πλανήτη Γη γενικότερα.

Στην κορυφή του Τρόδους εντοπίζεται μια σύνθετη ακολουθία πετρωμάτων, ένα οφιολιθικό σύμπλεγμα που σχηματίστηκε πριν 90 εκατομμύρια χρόνια σε βάθος 8000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Η μητέρα φύση προίκισε απλόχερα αυτό το σύμπλεγμα στο Τρόδος με φυσικούς πόρους. Όπως για παράδειγμα τα δάση, το νερό αλλά και τα ορυκτά. Η οροσειρά του Τρόδους συμπεριλαμβάνεται στις 5 πλουσιότερες τοποθεσίες στο κόσμο στην ύπαρξη χαλκού.

Σύμφωνα με μελέτες κυρίως με γεωλογικές, ορυκτολογικές και γεωχημικές τα θειούχα κοιτάσματα στην Κύπρο έχουν σχηματιστεί κατά το μήκος των αξόνων διεύρυνσης στον ωκεάνιο πυθμένα. Παρόμοια κοιτάσματα τα οποία είναι πολύ γνωστά και ως (Κυπριακά κοιτάσματα) έχουν βρεθεί τα τελευταία χρόνια στον Ινδικό, στον Ατλαντικό αλλά και Ειρηνικό Ωκεανό. Τα πλούσια σε μέταλλα θερμά διαλύματα που κυκλοφορούν, ευνοούν τον σχηματισμό αυτών των κοιτασμάτων. Αυτά τα θερμά διαλύματα προέρχονται από τα πετρώματα που βρίσκονται στον ωκεάνιο φλοιό. Το νερό αυτό έχει κυκλοφορήσει εκεί ανάμεσα σε αυτά κατά μήκος των ρωγμών στον άξονα διεύρυνσης του θαλάσσιου πυθμένα, από την εκβολή των θερμών διαλυμάτων. Αυτό έγινε με την βοήθεια θερμοπιδάκων που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας. Με τη βοήθεια της πτώσης της θερμοκρασίας και μερικών άλλων φυσικοχημικών συνθηκών, ευνοείται η καθίζηση των θειούχων ενώσεων. Η κυριότερη όμως πηγή του θείου είναι το θαλασσινό νερό.

Την ανύψωση του Τροόδους ακολούθησε η διάβρωση και η τεκτονική του, με αποτέλεσμα να έρθουν τα θειούχα κοιτάσματα στην επιφάνεια. Ακολούθησε η οξειδωση των κοιτασμάτων. Τα συστατικά που υπερισχύουν και τα συναντάμε σε ζώνες που είναι οξειδωμένες είναι το υδροξείδιο του σιδήρου, το οξείδιο και τέλος το οξείδιο του πυριτίου. Τα συγκεκριμένα συστατικά παρουσιάζουν έντονους χρωματισμούς, όπως το κίτρινο και το κόκκινο χρώμα.

Η οξειδωση των θειούχων μεταλλευμάτων κάτω από τη θάλασσα ή ακόμα και στην ατμόσφαιρα, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέας δευτερογενούς ζώνης εμπλουτισμού με περιεκτικότητα σε χαλκό, άργυρο και χρυσό. Αυτή η οξειδωση των μεταλλευμάτων κατέστρεψε τη δομή από τα πρωτογενή θειούχα ορυκτά και έτσι δημιουργήθηκαν νέα ορυκτά, κυρίως υδροξειδίων, θειικών ενώσεων και οξειδίων. Το αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας ήταν η απελευθέρωση του χαλκού σε μορφή πολύ μικρών κόκκων στο εσωτερικό των κρυστάλλων του χαλκοπυρίτη και του σιδηροπυρίτη. Η δευτερογενής ζώνη εμπλουτισμού που δημιουργήθηκε, αύξησε τα κοιτάσματα σε περιεκτικότητα του χαλκού κατακόρυφα.

Ο χρυσός και ο άργυρος είχε μεταφερθεί με το ίδιο ακριβώς τρόπο ως κολλοειδή σωματίδια και όχι σε μορφή θείου, όπου αυτά έχουν καταλήξει κάτω από την στάθμη του υπόγειου νερού.

### 1.3.1 Ο χαλκός στα αρχαία χρόνια

Ο χαλκός είναι ένα μέταλλο το οποίο έχει πολλές ιδιότητες. Η κυριότερη είναι η ελατότητά του, για παράδειγμα έχει την ικανότητα να σφυρηλατηθεί. Επίσης έχει αντοχή στο εφελκυσμό, την ολκιμότητα και μεγάλη πλαστικότητα. Περίπου το 4000 π.Χ. ο προϊστορικός άνθρωπος χρησιμοποίησε αυτό το μέταλλο με συνέπεια να αντικαταστήσει τα πέτρινα εργαλεία, τα σκεύη και τα όπλα του. Η ύπαρξη του χαλκού απετέλεσε ένα μεγάλο και σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη του ανθρώπου.

Τα πλούσια κοιτάσματα του χαλκού στην Κύπρο και οι τόσο αιώνες εκμετάλλευσής του είχαν ως αποτέλεσμα την ακμή της Κυπριακής οικονομίας.

Μεγάλες δραστηριότητες στην μεταλλευτική βιομηχανία, το εμπόριο χαλκού και διαφόρων ορυκτών, αναφέρονται σε κείμενα από αρχαίους συγγραφείς. Οι παλιοί πίστευαν ότι χαλκός είχε δώσει το όνομα του στην Κύπρο (curpum), αλλά ήταν ακριβώς το αντίθετο.

Σύμφωνα με γεωλογικές μελέτες στους πρόποδες του Τροόδους υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα χαλκού, που μπορούσαν εύκολα να εκμεταλλευθούν ακόμα και στην αρχαιότητα. Επίσης σε κάποιες περιοχές υπάρχουν και σχετικά επιφανειακά κοιτάσματα, όπου κάποια κωνοφόρα δέντρα αναπτύσσονται πολύ γρήγορα.

Το νησί μπορεί να είναι μία σημαντική πηγή χαλκού αλλά στην αρχαιότητα είχε αργήσει πάρα πολύ η μεταλλευτική βιομηχανία και έτσι άργησε μαζί και η ανάπτυξη του νησιού. Ο τύπος των ορυκτών και κατ' επέκταση τα κοιτάσματα στο νησί ήταν δύσκολα στην εκμετάλλευσή τους, επειδή είναι κυρίως θειούχα.

Το 2000 π.Χ. περίπου στην Πρώιμη εποχή του χαλκού η Κύπρος άρχισε την παραγωγή του χαλκού. Συγκεκριμένα κοντά στο χωριό Αμπελίκου σε ένα ορυχείο, εντοπίστηκαν αρχαίες γαλιρίες με ευρήματα που οι αρχαιολόγοι τα χρονολογούν στον 19ο αιώνα π.Χ (Σχ. 1.1). Η εξαγωγή του χαλκού στο νησί είχε αρχίσει αυτό τον αιώνα σύμφωνα με κάποια κείμενα της Μέσης Ανατολής στην Αλάσια - (Κύπρος).



Σχήμα 1.1: Ευρήματα από την Αρχαιότητα

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-4LKgPWSXGL0%2FVexv7Pd1STI%2FAAAAAAAAAANVQ%2FL6ZnmeeMS0%2Fs1600%2Fxalkos2.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Foryktos.blogspot.com%2F2015%2F09%2F&docid=Yogzok1osvqvuM&tbid=dX32cFTgwdEXPM%3A&vet=10ahUKEwjPkM\\_S44HUAhXBOhQKHfShAJA4ZBAzCBAoDTAN..i&w=552&h=479&bih=541&biw=1334&q=CF%87%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%82%20%CE%BA%CF%85%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82&ved=0ahUKEwjPkM\\_S44HUAhXBOhQKHfShAJA4ZBAzCBAoDTAN&iact=mr&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-4LKgPWSXGL0%2FVexv7Pd1STI%2FAAAAAAAAAANVQ%2FL6ZnmeeMS0%2Fs1600%2Fxalkos2.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Foryktos.blogspot.com%2F2015%2F09%2F&docid=Yogzok1osvqvuM&tbid=dX32cFTgwdEXPM%3A&vet=10ahUKEwjPkM_S44HUAhXBOhQKHfShAJA4ZBAzCBAoDTAN..i&w=552&h=479&bih=541&biw=1334&q=CF%87%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%82%20%CE%BA%CF%85%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82&ved=0ahUKEwjPkM_S44HUAhXBOhQKHfShAJA4ZBAzCBAoDTAN&iact=mr&uact=8))

Η μεταλλουργία είχε αναπτυχθεί σημαντικά κατά την Ύστερη εποχή του χαλκού από το 1600 έως το 1050 π.Χ.. Ανακαλύφθηκαν οι φυσητήρες και τα ακροφύσιων, βελτιώθηκαν τα καμίνια που χρησιμοποιούσαν για να παράγουν υψηλές θερμοκρασίες. Η ανάγκη για την ανάπτυξη της οικονομίας ήταν η αρχή της εμπορίας μεταλλευμάτων για να οδηγήσει στην δημιουργία νέων πόλεων, για παράδειγμα την Έγκωμη και το Κίτι. Στο Κίτι υπήρχε ένα μεγάλο εμπορικό λιμάνι που έπαιξε μεγάλο ρόλο στην οικονομία και το πολιτικό σκηνικό στην Ανατολική Μεσόγειο. Σε αυτή την χρονική περίοδο οι εγκαταστάσεις και τα εργαλεία για την επεξεργασία χαλκού υπήρχαν σχεδόν σε κάθε οικισμό. Ένα μοναδικό πρωτεύον εργαστήριο για παραγωγή χαλκού βρέθηκε στην περιοχή Φοράδες. Στην συγκεκριμένη θέση υπήρχε η μοναδικός οικισμός των μεταλλωρύχων αυτή την περίοδο. Μέσα στο εργαστήριο αυτό βρέθηκαν μεγάλες ποσότητες μεταλλικής σκουριάς (Σχ. 1.2) και κυλινδρικές κάμινοι από την παραγωγή που γίνονταν.



Σχήμα 1.2: Αρχαία σκουριά χαλκού

([https://www.google.com.cy/search?q=%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CF%87%CE%B1%CF%81%CF%84%CE%B5%CF%82&tbm=isch&imgil=qzbem84bjm002M%253A%253BwtI47qfJvjZ6wM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.moa.gov.cy%25252Fmoa%25252Fgsd%25252Fgsd.nsf%25252FdmIGeoMap\\_gr%25252FdmIGeoMap\\_gr%25253FOpenDocument&source=iu&pf=m&fir=qzbem84bjm002M%253A%252CWtI47qfJvjZ6wM%252C\\_&usg=\\_\\_ArV05O0chAbIDSYceB2AhjRMxyc%3D&biw=1334&bih=541&ved=0ahUKEwii95el-IHUAhXLwBQKHQWzDwwQyjclPw&ei=ogciWaKeOcuBU4XmvmA#tbm=isch&q=geology+and+copper+districs+of+cyprus&imgcr=xgTiFUwDx-au9M:](https://www.google.com.cy/search?q=%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CF%87%CE%B1%CF%81%CF%84%CE%B5%CF%82&tbm=isch&imgil=qzbem84bjm002M%253A%253BwtI47qfJvjZ6wM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.moa.gov.cy%25252Fmoa%25252Fgsd%25252Fgsd.nsf%25252FdmIGeoMap_gr%25252FdmIGeoMap_gr%25253FOpenDocument&source=iu&pf=m&fir=qzbem84bjm002M%253A%252CWtI47qfJvjZ6wM%252C_&usg=__ArV05O0chAbIDSYceB2AhjRMxyc%3D&biw=1334&bih=541&ved=0ahUKEwii95el-IHUAhXLwBQKHQWzDwwQyjclPw&ei=ogciWaKeOcuBU4XmvmA#tbm=isch&q=geology+and+copper+districs+of+cyprus&imgcr=xgTiFUwDx-au9M:))

Για σκοπούς εμπορίας το μέταλλο θα έπρεπε να μετατραπεί σε τάλαντα, για παράδειγμα έπρεπε να έχουν όλα το ίδιο σχήμα και βάρος. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες ταλάντων τα ελλειψοειδή, δισκοειδή και το σχήμα δοράς βοδιού. Τα τάλαντα (Σχ. 1.3, 1.4) με το σχήμα δοράς βοδιού είναι τα πιο γνωστά που συναντάμε. Το σχήμα τους είναι μακρόστενο, έχουν τέσσερις πλευρές και είναι επίπεδα. Τα περισσότερα είχαν βάρος 25 κιλά περίπου. Αυτά τα είδη ταλάντων είχαν βρεθεί από την Αίγυπτο έως τη Μασσαλία, τη Σαρδηνία και τη Βουλγαρία. Αναλύσεις και μελέτες που έκαναν σε τάλαντα και ορισμένες αναφορές κειμένων λένε ότι ανακαλύφθηκαν σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο ναυάγια που δείχνουν ότι η Κύπρος ήταν ο μοναδικός προμηθευτής χαλκού σε αυτή την περιοχή αυτή την εποχή.



Σχήμα 1.3: Τυποποιημένο τάλαντο χαλκού με σήμανση και με σύμβολα της Κυπρομινωϊκής γραφής από την Έγκωμη (13<sup>ος</sup> π.Χ αιώνας)

(<https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fimages%2Fhistory%2Fhistory5.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fel%2Ftaytopoihsh%2Fhistory-of-standardization&docid=IxUfmhVc2s5GHM&tbnid=zHD34vPaBcLMiM%3A&vet=10ahUKEwih2ci244HUAhXEcRQKHU2VA2gQMwgqKAqwCA..i&w=232&h=146&bih=541&biw=1334&q=%CE%87%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%82%20%CE%BA%CF%85%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82&ved=0ahUKEwih2ci244HUAhXEcRQKHU2VA2gQMwgqKAqwCA&iact=mr&uact=8>)

Στο στόχαστρο των μεγάλων δυνάμεων οι οποίες κυριαρχούσαν τότε στην Ανατολική Μεσόγειο βρισκόταν από πάντα η Κύπρος για την γεωγραφική της θέση και τον φυσικό και ορυκτό της πλούτο. Τα βασίλεια που υπήρχαν στο νησί για την εξασφάλιση της αυτοάμυνας πλήρωναν φόρους υποτελείας, την εξάσκηση της εμπορίας και εξωτερικής πολιτικής με άλλες περιοχές στην Μεσόγειο.

Στον 8<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. στη Σαλαμίνα ανακαλύφθηκαν ευρήματα και μεγαλοπρεπείς πλούσιοι τάφοι όπου φανερώνουν τον πλούτο που είχε το νησί. Χωρίς αμφιβολία ο πλούτος του νησιού πήγαζε κυρίως από τον χαλκό στην παραγωγή και την εξαγωγή του.

Τα Κυπριακά βασίλεια είχαν κυριαρχηθεί από πολλούς λαούς, οι κυριότεροι ήταν οι Ασσύριοι, οι Αιγύπτιοι και οι Πέρσες. Κατά την κυριαρχία των Περσών τον 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., επιγραφές αναφερόμενες στον χαλκό λένε ότι δύο από τα σημαντικότερα μεταλλεία είναι αυτά της Κινούσας και της Λίμνης.

Σχήμα 1.4: Θεός του ταλάντου από την Έγκωμη σε βάση τυποποιημένου ταλάντου χαλκού (13<sup>ος</sup> π.Χ αιώνας)

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fimages%2Fhistory%2Fhistory6.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fel%2Ftaytopoihsh%2Fhistory-of-standardization&docid=IxUfmhVc2s5GHM&tbnid=YuweqleWr\\_eFJM%3A&vet=10ahUKEwiH0b2h5oHUAhWLshQKHQTSDDDEQMwgfKAewAQ..i&w=123&h=222&bih=541&biw=1334&q=%CE%B8%CE%B5%CF%8C%CF%82%20%CF%84%CE%BF%CF%85%20%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%85&ved=0ahUKEwiH0b2h5oHUAhWLshQKHQTSDDDEQMwgfKAewAQ&iact=mr&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fimages%2Fhistory%2Fhistory6.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.cys.org.cy%2Fel%2Ftaytopoihsh%2Fhistory-of-standardization&docid=IxUfmhVc2s5GHM&tbnid=YuweqleWr_eFJM%3A&vet=10ahUKEwiH0b2h5oHUAhWLshQKHQTSDDDEQMwgfKAewAQ..i&w=123&h=222&bih=541&biw=1334&q=%CE%B8%CE%B5%CF%8C%CF%82%20%CF%84%CE%BF%CF%85%20%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%85&ved=0ahUKEwiH0b2h5oHUAhWLshQKHQTSDDDEQMwgfKAewAQ&iact=mr&uact=8))



Κατά την περίοδο της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, τα μεταλλεία ήταν πια κρατική ιδιοκτησία και πιθανότατα καταδικασμένοι εγκληματίες και σκλάβοι να εργάζονταν σε αυτά. Στη Ρωμαϊκή περίοδο βλέπουμε την μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χαλκού στην ιστορία. Η Σκουριώτιστα είναι μια περιοχή όπου δύο εκατομμύρια περίπου τόνοι σκουριάς βρίσκεται σε ένα σωρό που βρίσκεται 3% χαλκός. Ρωμαϊκά κείμενα κυρίως του Γαληνού και του Πλινίου αναφέρουν την Κύπρο και τον χαλκό και μας παρουσιάζουν τις πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας των μεταλλείων και την εμπορία του χαλκού τότε.

Πολλοί είχαν την άποψη ότι μετά από τον 4<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. εγκαταλείφθηκαν τα μεταλλεία, αλλά δεν ίσχυε γιατί η εκμετάλλευση είχε συνεχιστεί και πιο μετά όπως γνωρίζουμε μέχρι και τον 12<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. από τους Άραβες. Οι Άραβες οι οποίοι αναφέρονται στα μεταλλεία της νήσου ότι προμηθεύονταν μεγάλες ποσότητες σιδήρου, χαλκού και θειικά άλατα από την Κύπρο. Αργότερα όταν οι Οθωμανοί έκαναν κατάληψη την Κύπρο είχαν εγκαταλειφθεί όλα τα μεταλλεία οριστικά. Τα μεταλλεία έμειναν κλειστά μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα κατά την Αγγλοκρατία.

### 1.3.2 Ο τρόπος εξόρυξης στην Ρωμαϊκή περίοδο

Κατά την εξαγωγική μεταλλουργία το βασικότερο στάδιο είναι η αναγωγική τήξη όπου γίνεται ο διαχωρισμός του χαλκού από τα άλλα στοιχεία που περιέχονται στο μέταλλο. Η διαδικασία αυτή γινόταν εφικτή μέσα σε μεγάλα καμίνια με την κατάλληλη καύσιμη ύλη όπως κάρβουνο και συλλιπάσματα.

Αυτά τα καμίνια τήξεως έχουν συνήθως κυλινδρικό σχήμα και διάμετρο πάχους 30 με 50 εκατοστά περίπου. Στην εποχή του χαλκού είναι κεραμικά, ενώ αργότερα τα αναβαθμίζουν και τοποθετούνται στο κάτω μέρος τους πέτρες οι οποίες είναι επαλειμμένες με πηλό. Στα τοιχώματα υπήρχαν μικρά ανοίγματα όπου τοποθετούσαν κεραμικά ακροφύσια από πυρίμαχο υλικό. Στους σωλήνες αυτούς μεταφερόταν ο αέρας μέσα στο καμίνι. Ο σκοπός τους ήταν να επιτευχθούν οι κατάλληλες θερμοκρασίες (1200-1300°C) για να συνεχιστούν οι χημικές αντιδράσεις και να λιώσει το προϊόν της αναγωγικής τήξης (μέταλλο, σκουριά).

Η σκουριά, της οποίας το μεγαλύτερο μέρος είναι από σίδηρο και πυρίτιο, είναι όλο το άχρηστο προϊόν όλης της διαδικασίας. Η σκουριά σχηματίζεται στη φάση που προθέεται στην κάμινο κατάλληλο συλλίπασμα και αντιδρά με το σίδηρο και το πυρίτιο. Καθώς προχωρά αυτή η διαδικασία γίνεται η παραγωγή του χαλκού και η σκουριά είναι σε υγρή μορφή. Η σκουριά έχει χαμηλότερη πυκνότητα, διαχωρίζεται από το μέταλλο και επιπλέει στην επιφάνεια. Ο τρόπος που αφαιρούσαν την σκουριά, ήταν από άνοιγμα στο τοίχωμα της καμίνου και έτσι το μέταλλο αφηνόταν πίσω κατά την ροή της. Η σκουριά δεν χρησίμευε σε τίποτα αφού δεν επεξεργαζόταν περισσότερο κατά την διάρκεια της παραγωγής. Βρέθηκαν 4 εκατομμύρια τόνοι σκουριάς σε μεταλλεία που έχουν εντοπιστεί σε κάποια σημεία στο νησί, έτσι είναι προφανές ότι κάποτε αυτά τα μεταλλουργικά εργαστήρια λειτουργούσαν.

### 1.3.3 Ο χαλκός στους πιο πρόσφατους χρόνους

Προηγουμένως είχε αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας ο χαλκός δεν είχε καμία εκμετάλλευση. Αργότερα, όταν η Κύπρος παραχωρήθηκε στην Βρετανική Αυτοκρατορία το 1878, είχε ξαναρχίσει η εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων.

Στην Πάφο είχαν αρχίσει τις έρευνες το 1812, συγκεκριμένα στην Λίμνη. Εκεί ακολούθησαν αρχαίες γαλαρίες και κατάφεραν να εντοπίσουν φλέβα χαλκού το 1908. Σε 3,5 εκατομμύρια τόνους περίπου, είχε εκτιμηθεί περιεκτικότητα 1,1% σε χαλκό. Σε αυτό το χαλκούχο κοίτασμα άρχισε η εκμετάλλευση του το 1937 από κυπριακή εταιρία.

Ένας Αμερικάνος ο Gunther το 1914 είχε ανακαλύψει κοίτασμα σε μεταλλείο στην Φουκάσα, εκεί τα αποθέματα ήταν εκτιμημένα γύρω στα 6 εκατομμύρια τόνους και σε μέση περιεκτικότητα σε χαλκό 2,5%. Το 1920 ήταν η αρχή της εκμετάλλευσης από μία Αμερικανική εταιρία, αλλά λόγω της τουρκικής εισβολής το 1974 σταμάτησαν. Το μεταλλείο αυτό παρέμεινε στις ελεύθερες περιοχές ενώ ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις είχαν καταληφθεί από τους Τούρκους.

Η ίδια Αμερικανική εταιρία είχε ανακαλύψει το μεγαλύτερο κοίτασμα που βρέθηκε ποτέ στην Κύπρο το 1919 στο Μαυροβούνιο. Αυτά τα αποθέματα είχαν εκτιμηθεί περίπου 17 εκατομμύρια τόνους με περιεκτικότητα 4,5% σε χαλκό. Το νησί έγινε ελκυστικό και σε άλλες μεταλλευτικές εταιρίες με αποτέλεσμα να βρουν και άλλα κοιτάσματα σε άλλες περιοχές. Αυτό συνέβη επειδή έγιναν οι πιο πάνω ανακαλύψεις κοιτασμάτων.

Στις περιοχές Μαθιάτη, Καλαβασού και Σιας εντοπίστηκαν κοιτάσματα που τα εκμεταλλεύτηκε μία μεταλλευτική εταιρία της Ελλάδας. Με την οικονομική κρίση το 1931, είχαν αρχίσει τα οικονομικά προβλήματα της μεταλλευτικής εταιρίας του χαλκού, με αποτέλεσμα να στραφούν στην εκμετάλλευση του αργύρου και του χρυσού.

Το 1950 ήταν η χρονιά που κορύφωσε την μεταλλευτική δραστηριότητα στο νησί με την χρήση μηχανημάτων και τις υπαίθριες μεθόδους εκμετάλλευσης. Επίσης η περίοδος του 1950 – 1970 ονομαζόταν Χρυσή περίοδος για το νησί διότι γίνονταν μεγάλες εξαγωγές μεταλλευμάτων που αντιπροσώπευαν ένα σημαντικό ποσοστό των εξαγωγών της Κύπρου. Ακολούθησε η εξάντληση της μεταλλευτικής βιομηχανίας, που είχε ως συνέπεια τη μείωση της αξίας των μετάλλων, μετέπειτα τη σταδιακή εξάντληση στα γνωστά κοιτάσματα και αποτυχία στον εντοπισμό τους.

Το μεταλλείο του Φοίνικα στην Σκουριώτισσα το 1996 άρχισε την εκμετάλλευση η οποία συνεχίζεται μέχρι και τώρα από μία Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρία. Ένα σημαντικό γεγονός που μπορούμε να αναφέρουμε είναι ότι για πρώτη φορά από τα αρχαία χρόνια είχε παραχθεί μεταλλευτικός χαλκός στο νησί με την μέθοδο της (υδρομεταλλουργίας).

---

## 2 Μεταλλεία

---

### 2.1 Μεταλλεία χαλκού

Ο όρος μεταλλεία είναι μια γενική ονομασία για τα ορυχεία όπου εξορύσσονται τα μεταλλεύματα. Σύμφωνα με τους Περί Μεταλλείων και Λατομείων νόμους τις περιόδους 1953 και 1956 (Κεφ. 270) και τους σχετικούς κανονισμούς το 1958 μέχρι το 1987, η έκφραση μεταλλείο περιλαμβάνει οποιοδήποτε μέρος όπου γίνονται εκσκαφές ή εργασίες δια των οποίων έχει σχέση με ανόρυξη μεταλλευμάτων.

Τα μεταλλεία του χαλκού και χαλκούχων σιδηροπυριτών, ήταν τα πιο σημαντικά μεταλλεία στην Κύπρο από οικονομικής αλλά και μεταλλευτικής άποψης και αποτελούσαν τον κορμό της μεταλλευτικής βιομηχανίας.

### 2.2 Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας

Οι έρευνες της ΕΜΕ το 1950 στην τοποθεσία της Κοκκινοπεζούλας (Σχ. 2.1) στο Μιτσερό, οδήγησαν στην ανακάλυψη μεταλλεύματος χαλκοπυρίτη που είχε ως αποτέλεσμα να αρχίσουν άμεσα οι διεργασίες της εξόρυξη του χαλκού.

Αρχικά οι πρώτες εξορύξεις του χαλκού πραγματοποιήθηκαν υπογείως μέσα στις στοές 'γαλαρίες', όπου ανοίγονταν συνεχώς από τους μεταλλωρύχους με την χρήση γεωργικών εργαλείων. Αργότερα οι εταιρείες ξεκίνησαν τη χρήση του δυναμίτη με σκοπό να επιταχύνουν τη διεργασία ανοίγματος των στοών για την ανόρυξη του μεταλλεύματος. Κάπως έτσι εκπαιδευσαν κάποιους εργάτες για να χρησιμοποιούν δυναμίτες για την ανατίναξη των πετρωμάτων και να βγαίνουν τα μεταλλεύματα πιο γρήγορα. Οι εργάτες που έκαναν τη χρήση του δυναμίτη ονομάζονταν φαλιαδώρα

Για την ασφάλεια και την προφύλαξη των εργατών οι φαλιαδώρα πριν από κάθε έκρηξη φώναζαν δυνατά συνθήματα. Οι εργάτες δυστυχώς ήταν εκτεθειμένοι για ώρες μέσα σε αποπνικτική ατμόσφαιρα η οποία δημιουργούνταν από σκόνη μετά από κάθε έκρηξη μέσα στα υπόγεια. Όταν οι μεταλλωρύχοι έβγαιναν κάποια στιγμή από τα υπόγεια ήτανε τόσο μαύροι που δεν μπορούσε κανείς να τους ξεχωρίσει. Το ίδιο πράγμα δεν συνέβαινε μόνο στους μεταλλωρύχους αλλά και στο φαγητό και το νερό τους επίσης με αποτέλεσμα την μόλυνση τους καθημερινά. Πολλοί εργάτες έχασαν ακόμα και την ζωή τους.

Μετά από κάθε έκρηξη οι στοές που δημιουργούνταν στηρίζονταν με ξύλινους πάσσαλους για να ασφαλιστούν και στην συνέχεια μετέφεραν το μέταλλευμα έξω στην επιφάνεια, φορτωνόταν σε φορηγά και πήγανε κατευθείαν στο πλυντήριο για την επεξεργασία.

Σε αυτό το μεταλλείο η συγκεκριμένη υπόγεια μέθοδος εξόρυξης εφαρμόστηκε από το 1951 μέχρι το 1959. Επειδή οι θάνατοι αυξάνονταν αναγκάστηκε η εταιρία να εγκαταλείψει το μεταλλείο. Με την εισαγωγή νέων



μηχανημάτων άρχισε η λειτουργία του μεταλλείου από την επιφάνεια. Όλο το βουνό που βρισκόταν πάνω από τις στοές είχε μετακινηθεί και το μέταλλευμα ακολούθως μεταφέρθηκε στο πλυντήριο. Τα μπάζα είχαν στοιβαχθεί γύρω από αυτό, που είχε σαν συνέπεια να δημιουργηθεί ένας τεράστιος «κρατήρας» στην περιοχή. Το μεταλλείο έκλεισε οριστικά το 1967.



Σχήμα 2.1: Η περιοχή της Κοκκινόπεζουλας σήμερα είναι προορισμός επιστημόνων και επισκεπτών (<http://m.city.sigmalive.com/sites/default/files/kokkinipezoula.jpg>).

## 2.3 Μεταλλείο Κοκκινόγιας

Αυτό το υπόγειο μεταλλείο άρχισε την λειτουργία του το 1972 και σταμάτησε το 1978. Η λειτουργία του συγκεκριμένου μεταλλείου ήταν 5 μέρες την εβδομάδα σε 24ωρη βάση και σε οκτάωρες βάρδιες. Δίπλα ακριβώς από την στοά 464 υπήρχε ένα πολύ μεγάλο πηγάδι προσπέλασης το οποίο είχε διάμετρο 3,5m και 150m βάθος. Το πηγάδι χρησιμοποιείτο για δύο σκοπούς, για την μεταφορά του προσωπικού και του μεταλλεύματος. Ένα δωμάτιο ελέγχου βρισκόταν δίπλα από το πηγάδι με το οποίο μπορούσαν να επικοινωνούν με τις στοές με ηχητικά μηνύματα.

Το υλικό που έβγαζαν οι μεταλλωρύχοι το χώριζαν σε βαγόνια ανάλογα με την ποιότητα του και έτσι περνούσε διαμέσου του πηγαδιού και έβγαινε στην επιφάνεια. Στην συνέχεια το άδειαζαν στα ανάλογα σιλό και μεταφερόταν με φορτηγά στον Αχερά, μια περιοχή όπου βρισκόταν το εργοστάσιο εμπλουτισμού μεταλλευμάτων. Το μέταλλευμα που εξορύχτηκε ήταν 600.000 τόνοι χαλκού με περιεκτικότητα μόνο 2,6%.

## 2.4 Μεταλλείο Σκουριώτισσας

Ένα από τα αρχαιότερα μεταλλεία του κόσμου, το οποίο λειτουργεί ακόμα και σήμερα αδιάκοπα εδώ και 4500 χρόνια είναι το μεταλλείο της Σκουριώτισσας (Σχ. 2.2). Το μεταλλείο αυτό λειτουργεί από την εποχή του χαλκού μέχρι και τον 4<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. Αργότερα κατά την Τουρκοκρατία υπήρχε μία αδράνεια έτσι ώστε να έρθει να αναβιώσει και πάλι το 1916. Η εταιρεία Cyprus Mines Corporation μαζί με τον αμερικάνο Gunther ανακαλύψανε και πάλι το κοίτασμα και συνέχισαν μέχρι το 1974. Όμως κατά την Τουρκική εισβολή του 1974, διακόπηκαν και πάλι οι διεργασίες. Τελικά το μεταλλείο έμεινε στις ελεύθερες περιοχές ενώ τα μηχανήματα και οι εγκαταστάσεις έμειναν στην κατεχόμενη περιοχή της Κύπρου.



Σχήμα 2.2: Μεταλλείο Σκουριώτισσας

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fpictures%2Ftroodos\\_geology\\_skouriotissa\\_01.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fcgibin%2Fhweb%3F-A%3D8%26-V%3Dtroodos&docid=Es\\_uK4MGkt7sPM&tbnid=MZ7e\\_Isc4-5ZEM%3A&vet=10ahUKEwjha\\_p54HUAhXEWxQKHUX9AuMQMwgjKAewAQ..i&w=250&h=188&bih=541&biw=1334&q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%BF%20%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%83%CE%B1%CF%82&ved=0ahUKEwjha\\_p54HUAhXEWxQKHUX9AuMQMwgjKAewAQ&iact=src&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fpictures%2Ftroodos_geology_skouriotissa_01.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fcgibin%2Fhweb%3F-A%3D8%26-V%3Dtroodos&docid=Es_uK4MGkt7sPM&tbnid=MZ7e_Isc4-5ZEM%3A&vet=10ahUKEwjha_p54HUAhXEWxQKHUX9AuMQMwgjKAewAQ..i&w=250&h=188&bih=541&biw=1334&q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%BF%20%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%83%CE%B1%CF%82&ved=0ahUKEwjha_p54HUAhXEWxQKHUX9AuMQMwgjKAewAQ&iact=src&uact=8))

Η εκμετάλλευση στο μεταλλείο του Φοίνικα (Σχ. 2.3), που βρισκόταν στην Σκουριώτισσα, άρχισε γύρω στο 1996 και συνεχίζει μέχρι σήμερα από την Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρεία.



Σχήμα 2.3: Μεταλλείο Φοίνικα

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fpictures%2Ftroodos\\_geology\\_skouriotissa\\_01.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fcgibin%2Fhweb%3F-A%3D8%26-V%3Dtroodos&docid=Es\\_uK4MGkt7sPM&tbid=MZ7e\\_Isc4-5ZEM%3A&vet=10ahUKEWiD88ON6IHUAhXLtRQKHafxA5wQMwhRKCUwJQ..i&w=250&h=188&bih=541&biw=1334&q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%BF%20%CF%86%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B1&ved=0ahUKEWiD88ON6IHUAhXLtRQKHafxA5wQMwhRKCUwJQ&iact=mr&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fpictures%2Ftroodos_geology_skouriotissa_01.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.troodos-geo.org%2Fcgibin%2Fhweb%3F-A%3D8%26-V%3Dtroodos&docid=Es_uK4MGkt7sPM&tbid=MZ7e_Isc4-5ZEM%3A&vet=10ahUKEWiD88ON6IHUAhXLtRQKHafxA5wQMwhRKCUwJQ..i&w=250&h=188&bih=541&biw=1334&q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%BF%20%CF%86%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B1&ved=0ahUKEWiD88ON6IHUAhXLtRQKHafxA5wQMwhRKCUwJQ&iact=mr&uact=8))

## **2.5 Η συνεισφορά των μεταλλείων στην οικονομία και την οικονομική ζωή στο νησί**

Η συνεισφορά από τα μεταλλεία για την οικονομική ζωή του τόπου ήταν αναμφισβήτητα μεγάλη. Χιλιάδες εργάτες για περισσότερο από μισό αιώνα βρήκαν δουλειά, σε πολύ δύσκολες περιόδους, όπου το νησί αντιμετώπιζε οικονομική κρίση και ανεργία. Έτσι πολλοί άνθρωποι πήγαιναν στα μεταλλεία γιατί εκεί εξασφάλιζαν μία σίγουρη δουλειά και πληρωμή.

Σύμφωνα με τα στοιχεία (Πιν. 2.1) από το Τμήμα Μεταλλείων ένας μέσος ετήσιος όρος εργαζομένων που δούλευαν την περίοδο 1926 έως το 1930 ήταν 4500 άτομα, επομένως το 1931-1940 ήταν 5000, αργότερα το 1941 μέχρι το 1950 υπήρξε μια μείωση, μόνο 2800 εργάτες λόγω του Β` Παγκοσμίου Πολέμου, στην δεκαετία του 1951 μέχρι και το 1960 ήταν 5000, το 1961 με 1971 ήταν 5000 περίπου και το 1970 -1980 σχεδόν 2000.

Οι περισσότερες ορεινές περιοχές τότε είχαν πάρει ζωή λόγω των μεταλλείων, αλλά και σε άλλες εργασιακές δραστηριότητες η οικονομία αυξανόταν, για παράδειγμα τους μικροβιοτέχνες, στους αγρότες και τους εμπόρους.

Επίσης η έλλειψη ολοκληρωμένων στοιχείων ως προς την εξόρυξη του χαλκού και πολλών άλλων μετάλλων οφείλεται σε ξένες εταιρίες. Αυτές οι εταιρίες εκμεταλλεύτηκαν τον ορυκτό πλούτο στο νησί χωρίς να δίνουν αναφορά σε κανέναν για τις ενέργειές τους μέχρι την ημέρα όπου ανακηρύχθηκε η Κυπριακή Δημοκρατία.

**Πίνακας 2.1: Χαλκούχα - Χρυσοφόρα μεταλλεία χαλκού της Κύπρου και Εταιρείες που δραστηριοποιήθηκαν στο νησί**

[http://www.moa.gov.cy/moa/Mines/MinesSrv.nsf/all/FEF2D751DDB69E7BC225711F002E6AA5/\\$file/%CE%A7%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%87%CE%B1%20-%20%CE%A7%CF%81%CF%85%CF%83%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%B1%20%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/Mines/MinesSrv.nsf/all/FEF2D751DDB69E7BC225711F002E6AA5/$file/%CE%A7%CE%B1%CE%BB%CE%BA%CE%BF%CF%8D%CF%87%CE%B1%20-%20%CE%A7%CF%81%CF%85%CF%83%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%B1%20%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1.pdf?openelement)

ΠΕΡΙΟΧΗ-ΟΝΟΜΑ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	ΧΑΛΚΟΣ %	ΘΕΙΟ %	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΕΞΟΡΥΚΤΗΚΕ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ</b>						
Μαυραβούνι	CMC	Υπόγεια	4,5	47	16.508.755	1929-1974
Φουκιάσα - Σκουριώτισσα	CMC	Υπόγεια/ Αποκάλυψη	2,5	48	6.784.604	1921-1974
Φουκιάσα - Σκουριώτισσα	EME	Εκχύλιση	-	-	9.597	1979-1996
Φοινίξ - Σκουριώτισσα	CMC	Αποκάλυψη	0,8	-	1.019.597	1973-1974
Φοινίξ - Σκουριώτισσα	EME	Εκχύλιση	0,8	-	598.323	1979-1996
Φοινίξ - Σκουριώτισσα	HCM	Αποκάλυψη - Εκχύλιση	0,44	-	22.740.000	1996-2012
Απίλκια	CMC	Αποκάλυψη	1,8	36	1.064.493	1968-1971
Λεύκα Α	CMC	Αποκάλυψη	2,0	30	1.151.048	1968-1974
Μεμί	EME	Αποκάλυψη	*	26	2.028.898	1954-1971
Μεμί	EME	Αποκάλυψη	*	26	95.901	1987-1990
Αλεστάς	EME	Αποκάλυψη	0,9	-	660.515	1971-1972
Κοκκινόπεζούλα	EME	Αποκάλυψη	-	24	5.486.035	1953-1966
Κοκκινεγά	EME	Υπόγεια	2,0	30-40	481.008	1973-1979
Αγροκητιά Α	EME	Αποκάλυψη	1,0	30-44	332.838	1952-1971
Αγροκητιά Β	EME	Υπόγεια	4,0	40	74.074	1958-1964
Κοκκινόγερο	EME	Αποκάλυψη	-	25-35	658.354	1953-1960
Περιστερά-Πυθαρόχωμα	KM	Αποκάλυψη	1,5	25-47	557.540	1970-1977
Καπίδες	EME	Αποκάλυψη	-	30-35	54.666	1955-1958
Μαθιάτης	EME	Αποκάλυψη	0,2	30-35	2.100.000	1965-1984
Σιά	EME	Υπόγεια/ Αποκάλυψη	0,5-1,2	25-30	334.179	1950-1959
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΑΡΝΑΚΑΣ</b>						
Τρούλοι	Berdy	Αποκάλυψη	1,0	-	91.355	1955-1974
Καλαβασός	EME	Υπόγεια	1,0-2,5	33	1.910.000	1937-1966
Πέτρα	EME	Υπόγεια	1,0-2,5	25-46	226.000	1953-1957
Μούσουλας	EME	Υπόγεια	1,0-2,5	40	1.660.000	1964-1976
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΛΕΜΕΣΟΥ</b>						
Μαυρίδια	EME	Αποκάλυψη	1,5	30-40	400.000	1971-1977
Μαύρη Συκιά	EME	Υπόγεια/ Αποκάλυψη	1,5-2,5	25-45	376.000	1954-1977
Λαντάρια	EME	Υπόγεια	0,5	35-45	65.500	1963-1964
Πλατιές	EME	Αποκάλυψη	2,5-3,0	46	43.900	1955-1958
Μαγκαλένη	EME	Αποκάλυψη	0,7	3	142.707	1976-1977
<b>ΕΠΑΡΧΙΑ ΠΑΦΟΥ</b>						
Λίμνη	CSCC	Αποκάλυψη	1,11	15	8.143.460	1937-1979
Κινούσα	CSCC	Αποκάλυψη	2,23	47	228.896	1952-1960
Κινούσα	CSCC	Υπόγεια	2,88	42	270.608	1952-1960
Ευνοημένη	CSCC	Αποκάλυψη	0,88	19	63.724	1970-1971
Βρέτσια	Maconda	Αποκάλυψη	-	43	3600	1988
ΣΗΜΕΙΩΣΗ:	Η εκμετάλλευση των περισσότερων μεταλλείων άρχισε με υπόγειες μεθόδους εξόρυξης και συνεχίστηκε με επιφανειακές, με την αποκάλυψη των κοιτασμάτων απομακρύνοντας τα υπερκείμενα πετρώματα.					
	CMC	Cyprus Mines Corporation				
	EME	Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρεία				
	KM	Kambia Mines				
	Berdy	Berdy Mining Company				
	CSCC	Cyprus Sulphur and Copper Corporation				
	HCM	Hellenic Copper Mines				
	Maconda	Maconda Mining Company				
	CMD	Cyprus Mining Development Co				

---

## 3 Εξορυκτική μεταλλουργία

---

### 3.1 Ορυκτά και μεταλλεύματα

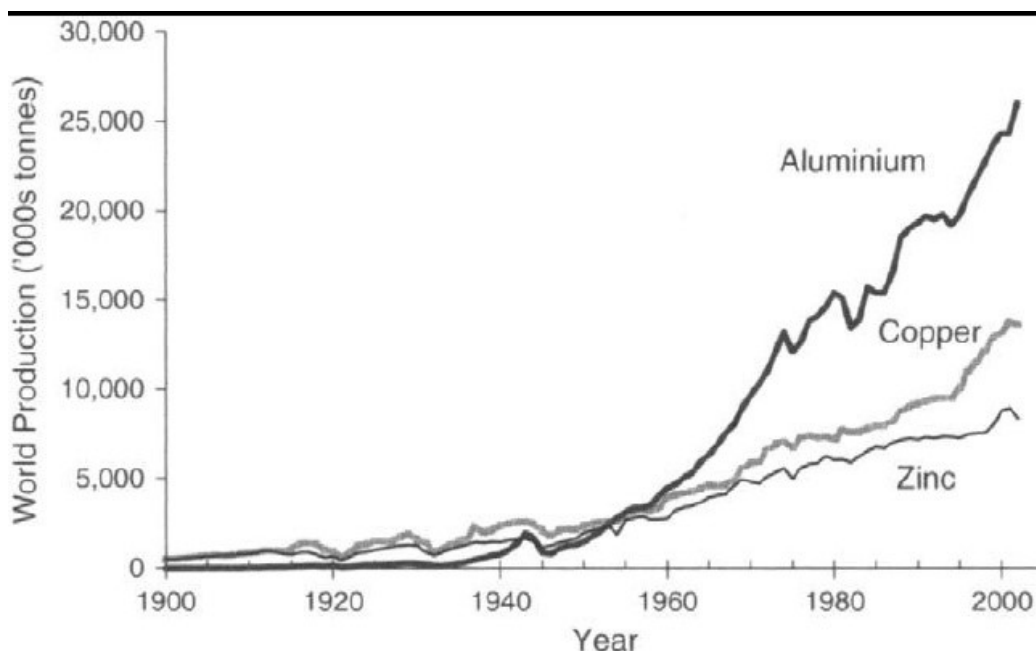
Η μορφή που βλέπουμε την ποικιλία από μέταλλα στο φλοιό της Γης και στον βυθό της θάλασσας, εξαρτάται από συγκεκριμένες αντιδράσεις οι οποίες προηγήθηκαν και κυριότερα με το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και από το θείο. Όπως για παράδειγμα ο χρυσός και ο λευκόχρυσος βρίσκονται τις περισσότερες φορές σε ατόφια κατάσταση, ενώ ο χαλκός, ο υδράργυρος και το ασήμι συναντιούνται κυρίως σε χλωριούχα κοιτάσματα αλλά και σε θειούχα ανθρακικά. Το αλουμίνιο, το βηρύλλιο και ο σίδηρος συναντώνται υπό την μορφή σουλφιδίων, πυριτικών κοιτασμάτων και οξειδίων.

Τα ορυκτά είναι φυσικές ανόργανες ενώσεις με χημικά συστατικά και ατομικές δομές. Ο προηγούμενος ορισμός επιτρέπει μερική ελαστικότητα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπου ένα ορυκτό παρουσιάζει αλλαγές πάνω στην δομή του περιλαμβανομένων των δύο κατηγοριών πολυμορφισμού και ισομορφισμού. Πολυμορφισμό εννοούμε, όταν σε ορυκτά διαφορετικά μεταξύ τους, βλέπουμε την ίδια χημική σύσταση, όμως λόγω της διαφοράς τους στην κρυσταλλική τους δομή και της κατανομής των ατόμων παρουσιάζουν τελείως διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες μεταξύ τους. Ενώ από την άλλη ο ισομορφισμός είναι η περίπτωση που κάποια άτομα στη κρυσταλλική τους δομή αντικαθιστούνται από παρόμοια άτομα δίχως να αλλάξει καθόλου η ατομική μορφή τους.

Το πέτρωμα είναι στερεό υλικό το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο ορυκτών. Για παράδειγμα, ο γρανίτης αποτελείται κυρίως από τα ορυκτά του χαλαζία, των αστρίων, του μαρμαρυγία ή του βιοτίτη. Πολλές φορές όμως στη σύστασή του εντοπίζονται πλαγιόκλαστα και κερροστίλβη. Τα πετρώματα διακρίνονται σε μονόμεικτα και πολύμεικτα. Τα μονόμεικτα πετρώματα (π.χ. το μάρμαρο) αποτελούνται από ένα ορυκτό, ενώ τα πολύμεικτα αποτελούνται από περισσότερα ορυκτά (π.χ. ο γρανίτης). Τα ορυκτά είναι ομογενή φυσικά συστατικά από τα οποία αποτελείται ο φλοιός της Γης (Σολδάτος, 1980). Για παράδειγμα, το ορυκτό χαλαζίας είναι  $\text{SiO}_2$ . Αντιθέτως, τα πετρώματα αποτελούν ανομοιογενή υλικά, τα οποία όπως αναφέρθηκε προηγουμένως αποτελούνται από ορυκτά με διαφορετική ορυκτολογική σύσταση.

### 3.2 Επεξεργασία ορυκτών και τρόποι επεξεργασίας

Η σταδιακή ανάπτυξη της βιομηχανίας με την βιομηχανική επανάσταση αργότερα, οδήγησε σε αύξηση της ζήτησης όχι μόνο για χαλκό αλλά για όλα τα μέταλλα (Σχ. 3.1). Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα η παραγωγή του χαλκού αυξήθηκε 27 φορές από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι και η παραγωγή του αλουμινίου την ίδια εποχή αυξήθηκε κατά 3800 φορές.



Σχήμα 3.1: Η παγκόσμια παραγωγή ορυκτών τον 20<sup>ο</sup> αιώνα (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Η τιμή όλων των μετάλλων καθορίζεται πρώτα από την ζήτηση και μετά από την παραγωγή στην παγκόσμια αγορά. Η παραγωγή δεν καθορίζεται μόνο από τις νέες εξορύξεις αλλά και από ανακυκλώσιμες. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι σήμερα η παραγωγή ανακυκλωμένων μετάλλων έφτασε το 60%.

Κατά διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα η τεχνολογία είχε προοδεύσει σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα, κοιτάσματα τα οποία παλαιότερα δεν μπορούσαν να εκμεταλλευθούν τώρα να μπορούν και να αυξήσουν την παραγωγή. Ακολούθως η τιμή των μετάλλων να πέσει με αποτέλεσμα οι εταιρίες να έχουν μειωμένα κέρδη, επίσης χώρες όπου στηριζόταν η οικονομία τους στην εκμετάλλευση ορυκτών να έχει ανάλογες μειώσεις στην οικονομία. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι εταιρίες και μερικές κυβερνήσεις να αυξήσουν την αποδοτικότητα χρηματοδοτώντας έρευνες. Είναι προφανές ότι τα κοιτάσματα των ορυκτών δεν είναι άπειρα.

Δεν υπάρχουν μόνο στον φλοιό της Γης κοιτάσματα ορυκτών αλλά και στον βυθό της θάλασσας ακόμα και διαλυμένα στο θαλασσινό νερό. Στην παρούσα φάση δεν υπάρχουν τρόποι εκμετάλλευσης του θαλάσσιου βυθού αλλά γίνονται συνέχεια έρευνες για να μπορέσουν κάποτε να το υλοποιήσουν.

**Πίνακας 3.1 Αποθέματα σε υποθαλάσσια μέταλλα (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)**

<i>Element</i>	<i>Abundance (%)</i>	<i>Amount in 3.5km of crust (tonnes)</i>	<i>Element</i>	<i>Abundance (%)</i>	<i>Amount in 3.5km of crust (tonnes)</i>
(Oxygen)	46.4	} $10^{16}-10^{18}$	Vanadium	0.014	} $10^{14}-10^{15}$
Silicon	28.2		Chromium	0.010	
Aluminium	8.2		Nickel	0.0075	} $10^{13}-10^{14}$
Iron	5.6		Zinc	0.0070	
Calcium	4.1		Copper	0.0055	
Sodium	2.4	Cobalt	0.0025		
Magnesium	2.3	Lead	0.0013		
Potassium	2.1	} $10^{16}-10^{18}$	Uranium	0.00027	} $10^{11}-10^{13}$
Titanium	0.57		Tin	0.00020	
Manganese	0.095	} $10^{15}-10^{16}$	Tungsten	0.00015	
Barium	0.043		Mercury	$8 \times 10^{-6}$	
Strontium	0.038	} $10^{14}-10^{16}$	Silver	$7 \times 10^{-6}$	
Rare earths	0.023		Gold	$<5 \times 10^{-6}$	
Zirconium	0.017		Platinum metals	$<5 \times 10^{-6}$	$<10^{11}$

Όπως δείχνει ο πίνακας 3.1, το 76,6% αποτελείται από οξυγόνο και πυρίτιο και το υπόλοιπο 99% είναι τα οκτώ στοιχεία που αποτελούν τον φλοιό της Γης. Το αλουμίνιο, το μαγνήσιο και ο σίδηρος είναι τα τρία μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες περισσότερο, το 2% του φλοιού της Γης καταλαμβάνεται από τα προηγούμενα μέταλλα. Τα υπόλοιπα χρήσιμα μέταλλα είναι λιγότερο του 0,1%. Για παράδειγμα ο χαλκός αποτελεί το 0,0055% στο φλοιό της Γης. Για την συγκέντρωση κάποιου στοιχείου μεγάλη σημασία έχουν οι γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Για παράδειγμα ο γρανίτης και ο κασσίτερος είναι κάποια ορυκτά που βρίσκονται μαζί με άλλα πετρώματα.

### 3.3 Εξορυκτικές διεργασίες μεταλλευμάτων

#### 3.2.1 Πυρομεταλλουργία

Η πυρομεταλλουργία είναι μία διεργασία παραγωγής μετάλλων, όπου χρησιμοποιούνται υψηλές θερμοκρασίες. Παράγονται κυρίως χημικές ενώσεις μεταλλικών στοιχείων ή κράματα. Η παραγόμενη χημική ένωση ή κράμα ή μέταλλο συνηθίζεται να έχει μορφή τήγματος.

Αυτή η μέθοδος είναι μία μακροχρόνια ιστορία όπου έχει ξεκινήσει με τις ανακαλύψεις και τις κατεργασίες απόβιων μετάλλων, για παράδειγμα ο χαλκός, ο χρυσός κτλ.

Η πυρομεταλλουργικές τεχνικές παράγουν όλα τα σιδηρούχα μέταλλα όπως είναι ο χάλυβας, ο ανοξείδωτος χάλυβας, ο χυτοσίδηρος, σιδηροκράματα. Ακόμα με άλλες τεχνικές γίνεται και παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων από μη σιδηρούχα μέταλλα, για παράδειγμα ο χαλκός, ο κασσίτερος, ο μόλυβδος και πολλά άλλα.

Η πρώτη φάση για τις πυρομεταλλουργικές διεργασίες είναι η ξήρανση και η πύρωση του μεταλλεύματος και στην συνέχεια ακολουθεί η φρύξη, η αναγωγή, ο καθαρισμός του τήγματος και στο τέλος χυτεύεται το ακατέργαστο μέταλλο.

### 3.2.2 Υδρομεταλλουργία – Βιοεκχύλιση

Υδρομεταλλουργία είναι η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας στις μεταλλουργικές βιομηχανίες. Κάποιοι μικροοργανισμοί μπορούν να διαλυτοποιήσουν, να μεταφέρουν και να αποθέσουν μέταλλα και ορυκτά στο περιβάλλον. Η υδρομεταλλουργία εξάγει μέταλλα, κράματα ή και καθαρές χημικές ενώσεις μεταλλικών στοιχείων από τα ορυκτά. Η χημική ένωση ή το κράμα ή το μέταλλο ανακτάται συνήθως με ηλεκτρόλυση ή κατακρήμνιση μέσα στο διάλυμα.

Οι υδρομεταλλουργικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή των μη σιδηρούχων μετάλλων, όπως π.χ. ο χαλκός, το νικέλιο, το κοβάλτιο, ο μόλυβδος, ο χρυσός, ο άργυρος κ.ά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως συμβαίνει στην παραγωγή του αλουμινίου και του ψευδάργυρου κάποιες διεργασίες χρησιμοποιούνται μαζί με πυρομεταλλουργικές διεργασίες.

Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα στην Ισπανία έγινε η πρώτη εφαρμογή υδρομεταλλουργίας σε βιομηχανική κλίμακα, για την εκμετάλλευση χαλκού. Οι μεταλλωρύχοι αυτής της περιοχής την εποχή της Αναγέννησης παρατήρησαν ότι, όταν άφηναν εκτεθειμένα τα θειούχα μεταλλεύματα χαλκού στην περιοχή όπου εξόρυσσαν, το νερό από την βροχή δημιουργούσε κοντά σ' αυτούς τους σωρούς βιτριόλι. Το βιτριόλι είναι ένα υγρό διάλυμα από θειικό οξύ, θειικό σίδηρο και θειικό χαλκό. Γύρω στο 1752 οι μεταλλωρύχοι στην Ισπανία άρχισαν να παράγουν μεταλλικό χαλκό από βιτριόλι με προσθήκη μεταλλικού σιδήρου.

#### **Οι τρεις βασικές κατεργασίες:**

##### **Εκχύλιση**

- Η εκχύλιση μεγάλων σωρών από χαλκό γινόταν κυρίως σε δεξαμενές που μπορούσαν να ανακατεύουν ή και σταθερές. Οι δεξαμενές που ανακάτευαν τα υλικά ήταν κυλινδρικές και τότε γινόταν μηχανικά ή με εμφύσηση αέρα. Οι σταθερές δεξαμενές, παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για εκχύλιση οξειδωμένων μεταλλευμάτων χαλκού, όμως τώρα δεν χρησιμοποιούνται καθόλου.

Αυτή η τεχνική της εκχύλισης μεγάλων σωρών χαλκού γίνεται σε συνδυασμό και με την χρήση βακτηρίων τα οποία μπορούν να οξειδώσουν τον δισθενή σίδηρο ή το θείο και έτσι να γίνεται η εκχύλιση. Επίσης, η τεχνική βιοεκχύλισης



σε σωρούς, χρησιμοποιείται για χρυσό, χαλκό και ουράνιο. Αυτή η τεχνική γίνεται και στα δύο είδη δεξαμενών.

### **Καθαρισμός του μεταλλοφόρου διαλύματος**

- Ο καθαρισμός του μεταλλοφόρου διαλύματος από άλλες διαλυμένες ακαθαρσίες πραγματοποιείται με αντιδράσεις κατακρήμνισης, απλής αντικατάστασης ή εξουδετέρωσης. Δηλαδή για τον καθαρισμό ενός διαλύματος θειικού ψευδάργυρου από τον περιεχόμενο τριθενή σίδηρο γινόταν με κατακρήμνιση ζαροσίτη.

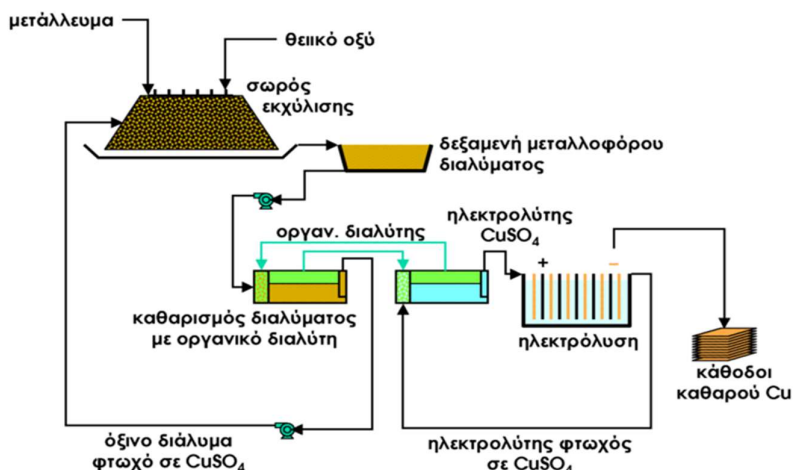
Μετά, αυτό το διάλυμα από θειικό ψευδάργυρο καθαρίζεται από τον περιεχόμενο θειικό χαλκό προσθέτοντας σκόνη μεταλλικού ψευδαργύρου και έτσι προκαλείται αντίδραση αντικατάστασης.

Μια πρόσφατη τεχνική καθαρισμού του μεταλλοφόρου διαλύματος είναι "η εξαγωγή με οργανικό διαλύτη", λέγεται έτσι επειδή χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες. Το μεταλλοφόρο διάλυμα έρχεται σε επαφή μαζί με μια οργανική φάση. Η φάση αυτή περιέχει ένα οργανικό οξύ το  $RH$  το οποίο έχει την ικανότητα να δημιουργεί οργανομεταλλικά σύμπλοκα και ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό. Ο χαλκός ενώνεται με τον οργανικό διαλύτη και στην συνέχεια περνάει στην οργανική φάση.

### **Ανάκτηση του μετάλλου**

- Στο τέλος η ανάκτηση του μετάλλου (Σχ. 3.2) πραγματοποιείται με ηλεκτρόλυση και λέγεται "ηλεκτρολυτική ανάκτηση". Για παράδειγμα ανακτώνται ο καθαρός χαλκός και ο καθαρός ψευδάργυρος από τα αντίστοιχα θειικά διαλύματα. Κάποια μέταλλα που δεν ανακτώνται με την μέθοδο της ηλεκτρόλυσης υδατικών διαλυμάτων, ανακτώνται με ηλεκτρόλυση τηγμάτων. Για παράδειγμα το αλουμίνιο παράγεται με την ηλεκτρόλυση ευτηκτικού τήγματος κρυσολίθου. Για καθαρισμό ακάθαρτων μετάλλων χρησιμοποιείται πάλι ηλεκτρόλυση, όπως αργό χαλκό, αργό χρυσό κ.α.

Η ηλεκτρόλυση πραγματοποιείται σε μεγάλο μεγέθους ηλεκτρολυτικά κελιά που περιέχουν πολλές μεταλλικές πλάκες για την άνοδο και την κάθοδο. Η ηλεκτρολυτικός καθαρισμός του αργού χαλκού πραγματοποιείται με καθόδους λεπτά φύλλα καθαρού χαλκού και ανόδους φτιαγμένες από τον ίδιο τον αργό χαλκό.



Σχήμα 3.2 : Μέθοδος ανάκτησης μετάλλου

([https://www.google.com.cy/search?q=%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwix4cuS64HUAhXRL1AKHZuaCkgQ\\_AUICigB&biw=1334&bih=541](https://www.google.com.cy/search?q=%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwix4cuS64HUAhXRL1AKHZuaCkgQ_AUICigB&biw=1334&bih=541))

### Περιγραφή της μεθόδου ανάκτησης μετάλλου

Τα στάδια είναι τα ακόλουθα, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.2:

1. Πρώτα ραντίζεται το χαλκούχο μέταλλο από θειικό οξύ. Το θειικό οξύ περνάει μέσα από τον σωρό και διαλύει τον χαλκό.
2. Στην συνέχεια το μεταλλοφόρο διάλυμα μαζεύεται σε δεξαμενή.
3. Το διάλυμα μεταφέρεται σε μία εγκατάσταση για να εξαχθεί ο οργανικός διαλύτης όπου μετά από αντίδραση σχηματίζονται σύμπλοκα διαλυμένα σε μία οργανική φάση.
4. Η γεμάτη με χαλκό οργανική φάση συνεχίζει στην εγκατάσταση απογύμνωσης, εκεί έρχεται σε επαφή με τον οργανικό όξινο διαλύτη που επανεξάγει το χαλκό στην υδατική φάση που έχει ως αποτέλεσμα να σχηματιστεί ένα πυκνό και καθαρό διάλυμα. Ο οργανικός διαλύτης αναγεννάται και επιστρέφει στο 3<sup>ο</sup> στάδιο.
5. Ο ηλεκτρολύτης αντλείται σε κελιά ηλεκτρονίκησης, στις καθόδους εκεί όπου αποτίθεται ο χαλκός με καθαρότητα 99,9%. Το οξύ που παράγεται πάει πίσω στο στείρο ηλεκτρολύτη στο 4<sup>ο</sup> στάδιο.

**Πλεονεκτήματα υδρομεταλλουργικών μεθόδων από τις κλασσικές πυρομεταλλουργικές τεχνικές:**

- Οι τελευταίες τεχνικές απαιτούν πλουσιότερα μεταλλεύματα για πρώτη ύλη. Τα φτωχότερα δεν μπορούν να κατεργαστούν από οικονομικής άποψης με πυρομεταλλουργικές τεχνολογίες. Η εφαρμογή της βιοχημικής εκχύλισης μπορεί να εφαρμοστεί σε ποιότητες μεταλλευμάτων ακόμα και στα απορρίμματα μετά από την συμβατική τους κατεργασία.
- Η βιολογική εκχύλιση χρειάζεται χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Στις περισσότερες περιπτώσεις λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Η βακτηριακή εκχύλιση είναι εντελώς ακίνδυνη για το περιβάλλον. Δεν συνδέεται με θειώδεις εκπομπές, επίσης τα απορρίμματα που παράγονται είναι στερεά ή σε υγρή μορφή και είναι ελεγχόμενα.
- Οι εγκαταστάσεις βακτηριακής κατεργασίας χρειάζονται χαμηλό κόστος λειτουργίας και εγκατάστασης. Ο χαλκός μπορεί να παραχθεί από στείρα εκμετάλλευση και το 35 με 50% να είναι κόστος συμβατικής τήξης θειούχων συμπυκνωμάτων.

**Κύρια μειονεκτήματα βακτηριακών μεθόδων:**

- Έλλειψη εκλεκτικότητας.
- Αργές ταχύτητες αντίδρασης σε σχέση με άλλες μεθόδους εξαγωγής μετάλλων από ψηλές θερμοκρασίες και πίεση, χρησιμοποιώντας ισχυρά οξέα ή αναγωγικά μέσα.
- Δυσκολία προσαρμογής σε ακραίες συνθήκες, για παράδειγμα οι βιομηχανικές κατεργασίες όπως είναι οι θερμοκρασίες, μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, πιέσεις και διατηρήσεις ανάδευσης.

### 3.2.3 Εκχύλιση σε σωρούς

Η εκχύλιση σε σωρούς είναι μία βιομηχανική εξορυκτική διεργασία που χρησιμοποιείται για την εκχύλιση πολύτιμων μετάλλων, όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το κοβάλτιο και οι ενώσεις νικελίου, από ένα παραδοσιακά εξορυγμένο κοίτασμα, το οποίο θραύεται και μετά μεταφέρεται για καταιονισμό σε μια μη διαπερατή βάση απόθεσης σωρού. Οι πιο σύγχρονες τεχνολογίες για την βελτίωση της εκμετάλλευσης, μεταλλουργίας και εμπλουτισμό μεταλλευμάτων έχουν καταστήσει εκμεταλλεύσιμες ασήμαντες παλαιότερα εμφανίσεις μεταλλευμάτων και απορρίμματα μεταλλευτικών εκμεταλλεύσεων.

Η μέθοδος της εκχύλισης σε σωρούς αρχίζει με την χρήση διαλυμάτων. Η χρήση διαλυμάτων είναι ένας όρος ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις τεχνικές των εκχυλίσεων όπου γίνεται απευθείας εξαγωγή ενός μετάλλου από ένα εξορυγμένο ή μη εξορυγμένο τμήμα του κοιτάσματος, με την τροφοδοσία ενός κατάλληλου διαλύματος διαμέσου της μάζας του βιομηχανικού ορυκτού ή του μεταλλεύματος. Μετά, αυτό το διάλυμα μαζεύεται για να επεξεργαστεί μέχρι να ανακτηθούν τα πολύτιμα συστατικά που περιήλθαν σε αυτό.

Η εκχύλιση σε σωρούς είναι μια απλή μέθοδος τόσο στην κατανόηση, όσο και στην εφαρμογή. Ένα κατάλληλο διάλυμα εκχύλισης ραντίζει ένα σωρό μεταλλεύματος, που έχει αποθεθεί πάνω σε μια υδατοστεγή επιφάνεια, ώστε να συλλεχθεί το διάλυμα, με σκοπό να ανακτηθεί το μέταλλο ή τα μέταλλα που διαλύθηκαν από προηγούμενη διαδικασία.

#### **Δύο βασικοί τρόποι κατασκευής των σωρών εκχύλισης:**

Ο πρώτος τρόπος αφορά τους σωρούς μίας στρώσης (βαθμίδας). Είναι μία απλή τεχνική κατασκευής των σωρών. Το μέταλλευμα μετά την απόθεσή του σε σωρό σε συγκεκριμένο ύψος, αρχίζει να εκχυλίζεται με συγκεκριμένη διαδικασία. Το ύψος των σωρών προκύπτει αναλόγως με την κοκκομετρική σύσταση, την φύση του μεταλλεύματος ακόμα και την αντοχή της βάσης του κάθε σωρού. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις, αυξάνεται η παραγωγικότητα, είτε με την αύξηση του αριθμού των σωρών είτε με την επέκταση της συνολικής επιφάνειας του σωρού.

Ο δεύτερος και εναλλακτικός τρόπος είναι οι σωροί πολλαπλών στρώσεων (βαθμίδων). Αυτή η τεχνική άρχισε να εφαρμόζεται τα τελευταία 10 χρόνια. Η εξέλιξη αυτή είναι η αιτία, για την βελτίωση των κατασκευαστικών υλικών των βάσεων απόθεσης των σωρών, στις τεχνικές απόθεσης των μεταλλευμάτων και των βάσεων απόθεσης των σωρών. Όταν εφαρμόζεται αυτή η τεχνική ένας σωρός δεν έχει σταθερό ύψος αλλά μεταβάλλεται, προσθέτοντας σε μικρά χρονικά διαστήματα νέες στρώσεις ορισμένου ύψους.

Αρχικά πάνω στην βάση μπαίνει η πρώτη στρώση του μεταλλεύματος, είναι περίπου 2,5 με 3m και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις ξεπερνά τα 5m. Μετά απλώνεται το σύστημα διαβροχής και ακολούθως αρχίζει η εκχύλιση του μεταλλεύματος σε προκαθορισμένο χρόνο. Στην συνέχεια όταν τελειώσει η εκχύλιση και αφού συλλέγεται το σύστημα διαβροχής, τότε αποτίθεται μια νέα στρώση μεταλλεύματος έχοντας την ίδια στρώση με την προηγούμενη. Μόλις η νέα εκχύλιση της νέας στρώσης αρχίσει, το διάλυμα εκχύλισης διηθείται τόσο μέσα στην ανώτερη στρώση όσο και στην κατώτερη, εκχυλίζοντας ταυτόχρονα και το μέταλλευμα όπου δεν έχει προλάβει να εκχυλιστεί στο αρχικό στάδιο. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να φτάσει ο σωρός στο προκαθορισμένο τελικό ύψος.

Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής, προϋποθέτει μέταλλευμα με ικανοποιητικό πορώδες και μεγάλη μηχανική αντοχή τόσο του σωρού του μεταλλεύματος, όσο και της βάσης του σωρού. Εφαρμόζεται κυρίως στα μεταλλεύματα χαλκού, το πορώδες των οποίων δίνει μεγάλα περιθώρια αύξησης του ύψους του σωρού (ως 200m).

Αυτή η τεχνική δίνει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την προηγούμενη τεχνική όπως είναι:

- Έχει σημαντική αύξηση της παραγωγής της εγκατάστασης, δίχως να υπάρχει αναγκαστική αύξηση στην επιφάνεια της βάσης του σωρού.
- Μειώνεται η έκταση των εγκαταστάσεων και το ύψος της αρχικής επένδυσης.
- Υπάρχει μείωση στον απαιτούμενο χρόνο εκχύλισης στην κάθε στρώση μεταλλεύματος, αφού δεν απαιτείται να επιτευχθεί η μέγιστη ανάκτηση προτού η επόμενη εκχύλιση να ξεκινήσει. Η εκχύλιση μπορεί να συνεχίζεται συγχρόνως με την εκχύλιση των ανωτέρων βαθμίδων, αφού το διάλυμα εκχύλισης διαβρέχει όλη τη μάζα του σωρού μέχρι να φθάσει στη θέση συλλογής του.
- Κατά την εξέλιξη της εκχύλισης ο έλεγχος είναι καλύτερος και ευκολότερος σε σχέση με τους ψηλούς σωρούς μιας στρώσης. Έτσι αφού ο αρχικός σχεδιασμός είναι σωστός, τα λειτουργικά προβλήματα είναι μικρά. Επίσης είναι και ευνοϊκές οι συνθήκες, δηλαδή, ισχυρότερο διάλυμα, καλύτερος εξαερισμός και μεγαλύτερη ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στο επάνω τμήμα του σωρού όπου είναι πλουσιότερο σε σχέση με το υπόλοιπο.

#### **Διάφορες παραλλαγές για την μέθοδο στις εκχύλισης:**

- Εκχύλιση σωρών από παλαιά απορρίμματα εκμετάλλευσης. Είναι η εκχύλιση των παλαιών υλικών σε σωρούς που εγκαταλείφθηκαν ή αποθηκεύτηκαν από παλιές μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις διότι ήταν απορρίμματα και γιατί εκείνο τον καιρό θεωρούνταν στείρα. Έτσι αν η γενική κατάσταση του υπόβαθρου θεωρείται ικανοποιητικά στεγανή, αυτά τα υλικά μπορούν να αξιοποιηθούν με την μέθοδο της εκχύλισης σε σωρούς.

- Η εκχύλιση του μεταλλεύματος όπως έχει εξορυχτεί από ένα μεταλλείο, είναι η αξιοποίηση του μεταλλεύματος που δεν έχει δεχτεί καμία επεξεργασία μετά από την εξόρυξη του. Αυτό το υλικό στρώνεται σε ένα διαμορφωμένο και αδιαπέραστο υπόβαθρο μέχρι να σχηματίσει σωρούς. Όπως έχει αναφερθεί και στην προηγούμενη περίπτωση το υλικό έχει κοκκομετρική ανομοιομορφία και στις περισσότερες περιπτώσεις οι απαιτούμενοι χρόνοι εκχύλισης είναι μεγαλύτεροι και η ανάκτηση του είναι μέτρια. Αυτή η τεχνική όμως είναι οικονομικά συμφέρουσα και ιδανική στις περιπτώσεις όπου τα μεταλλεύματα είναι πολύ φτωχά, των οποίων το μέγεθος τεμαχίων μπορεί να ελεγχθεί ικανοποιητικά κατά τη διαδικασία εξόρυξης ή για την αξιοποίηση εξορυγμένων υλικών, όπου η θέση απόθεσης τους είναι ικανοποιητικά στεγανή για να εκχυλιστούν χωρίς μεταφορά σ' άλλη θέση.
- Εκχύλιση παρασκευασμένου μεταλλεύματος. Σήμερα είναι μία πλέον διαδεδομένη και εφαρμοσμένη τεχνική, επειδή παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Το μέταλλευμα όπου πάει για εκχύλιση προπαρασκευάζεται μηχανικά. Με αυτόν τον τρόπο οι εγκαταστάσεις συμπληρώνονται. Ως συνήθως με ένα κύκλωμα θραύσης – ταξινόμησης από το οποίο προκύπτει ένα ομογενοποιημένο υλικό και με ελεγχόμενο ποσοστό λεπτομερούς υλικού. Μετά το υλικό αποτίθεται σε σωρούς πάνω σε βάσεις με κατάλληλο σύστημα συλλογής του διαλύματος προκειμένου να εκχυλιστεί. Ο σκοπός για την μηχανική προπαρασκευή είναι να προκύψει ένα ικανοποιητικά λεπτομερές και κοκκομετρικά ομοιογενές μέταλλευμα με λεπτομερές και κοκκομετρικά ομοιογενές μέταλλευμα ώστε η επαφή του διαλύματος εκχύλισης με τους κόκκους του μεταλλεύματος να είναι καλή, εξασφαλίζοντας συγχρόνως καλή διαπερατότητα και ευστάθεια του σωρού. Σε μερικές περιπτώσεις κάποιων θειούχων μεταλλευμάτων και μεταλλευμάτων χαλκού γίνεται μία χημική κατεργασία των υλικών για βελτίωση της ανάκτησής τους, αφού όμως το κόστος παραγωγής δεν επιβαρύνεται σημαντικά.
- Εκχύλιση συσσωματωμένου μεταλλεύματος. Τα τελευταία χρόνια αυτή η τεχνική έχει διαμορφωθεί για την εκμετάλλευση λεπτομερών και αργιλικών μεταλλευμάτων κυρίως πολύτιμα μέταλλα. Είναι η εξέλιξη της τεχνικής που έχει προαναφερθεί πιο πάνω. Η ύπαρξη αυτών των υλικών στην μάζα ενός σωρού προκαλεί γρήγορη μείωση της διαπερατότητας του σωρού.

### 3.2.4 Εξαγωγή με οργανικούς διαλύτες

Τις αυξανόμενες ανάγκες της ανθρωπότητας για υλικά με ειδικές ιδιότητες, την εύρεση νέων και η εξάντληση παλιών κοιτασμάτων σε συνδυασμό με τους οικονομικούς παράγοντες κατά καιρούς, ακολούθησε η δημιουργία και η ανάπτυξη νεώτερων μεθόδων παραγωγής και επεξεργασίας διαφόρων μετάλλων. Η

μεταλλουργία του νικελίου για παράδειγμα, χρησιμοποιείσαι πυρομεταλλουργικές μεθόδους αρχικά θειούχων μετάλλων, ακολούθησε η επεξεργασία οξειδωμένων μετάλλων και στο τέλος στράφηκε στην κατεργασία μεταλλευμάτων με τις υδρομεταλλουργικές μεθόδους. Η μέθοδος της εξαγωγής με οργανικούς διαλύτες αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεθόδους τα τελευταία χρόνια, στην βιομηχανική παραγωγή της υδρομεταλλουργίας, για τον καθαρισμό, το διαχωρισμό, την συγκέντρωση και την ανάκτηση μεταλλικών υλικών. Η λειτουργία της εξαγωγής μετάλλων με οργανικούς διαλύτες, περιλαμβάνει τη κατανομή μιας διαλυμένης ουσίας μεταξύ δύο μη αναμειξιμων υγρών φάσεων, που βρίσκονται σε επαφή. Η εξαγωγή μετάλλου με οργανικό διαλύτη περιλαμβάνει και μια τεχνική διαχωρισμού, όπου το μέταλλο μεταφέρεται από την μια φάση στην άλλη. Η διαχωριστική χοάνη (δοχείο) περιέχει 2 στρώματα υγρού, το ένα υγρό είναι η υδατική φάση και το άλλο ο οργανικός διαλύτης. Η οργανική φάση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ότι η υδατική φάση.

### 3.2.5 Η βασική διεργασία διαχωρισμού

Σε κανονικές συνθήκες το υλικό μας εμφανίζεται σε μια από τις τρεις μορφές, στερεά, αέρια και υγρή. Αυτές οι μορφές, είναι αποτέλεσμα ποικίλων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ατομικών ή μοριακών στοιχείων ή ενώσεων. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές δημιουργούνται λόγω εσωτερικών χημικών ιδιοτήτων (τύπος δεσμού) και λόγω εξωτερικών φυσικών συνθηκών (θερμοκρασία και πίεση). Τα πιο πολλά μικρά μόρια ενώσεων μπορούν να μεταβάλλονται σε αυτές τις τρεις διαφορετικές φυσικές συνθήκες, για παράδειγμα όταν αλλάξει η θερμοκρασία ή η πίεση. Μεταξύ των τριών αυτών καταστάσεων υπάρχει ένα όριο φάσης, όπου είναι δυνατό να διαχωρίζονται αυτές οι φάσεις. Σε ένα αέριο μείγμα, όπως αυτό της ατμόσφαιρας της γης, η αναλογία του οξυγόνου προς το άζωτο μειώνεται ελαφρώς με την αύξηση του ατμοσφαιρικού ύψους εξαιτίας της μεγαλύτερης βαρυτικής έλξης του οξυγόνου. Αλλά αυτό το βαρυτικό πεδίο της Γής δεν αρκεί για να γίνει πλήρης διαχωρισμός των στοιχείων, ο οποίος είναι όμως εφικτός με περαιτέρω τεχνικές διάχυσης και φυγοκέντρισης. Ένα παράδειγμα είναι η κρυστάλλωση των αλάτων του θαλασσινού νερού περιλαμβάνοντας τις τρεις αυτές φάσεις. Η απόσταξη, η οποία είναι η βασική διεργασία για την παραγωγή οργανικών διαλυτών, είναι μία διεργασία δύο σταδίων: Εξάτμιση (υγρό + αέριο) + Συμπύκνωση (αέριο + υγρό).

Η μέθοδος με οργανικούς διαλύτες εφαρμόζεται την τελευταία 20αίτια και αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Η πρώτη εφαρμογή αυτής της μεθόδου έγινε αρχικά για καθαρισμό του ουρανίου, όμως μετά αποτέλεσε ένα βασικό στάδιο στην υδρομεταλλουργία του χαλκού, του νικελίου, του κοβαλτίου και άλλων πολλών μετάλλων. Η εξαγωγή με οργανικούς διαλύτες έχει ως βασικότερο στόχο την αμφίδρομη αντίδραση για ισορροπία μεταξύ μιας οργανικής βάσης και ενός μετάλλου.

Στάδιο εξαγωγής, είναι το πρώτο στάδιο όπου ένα μέταλλο βρίσκεται στην οργανική φάση, εκεί γίνεται αντίδραση με την οργανική φάση και μεταφέρεται σε αυτήν υπό μορφή συμπλόκου. Αλλά όμως ένα μέταλλο που είναι σε υδατικό διάλυμα έχει την μορφή πολλών και διαφορετικών ιόντων, όπου τα απόλυτα ποσά και οι αναλογίες μεταβάλλονται συναρτήσει του pH, η εξαγωγή ενός μετάλλου από συγκεκριμένο οργανικό διαλύτη γίνεται εφικτή κάτω από ορισμένες συνθήκες. Η οργανική φάση εξάγει μόνο ορισμένα ιόντα του διαλύματος, που περιέχουν το μέταλλο που εξάγουμε. Τον μεγαλύτερο ρόλο για την εξαγωγή με οργανικό διαλύτη παίζει το είδος των ιόντων, που βρίσκονται στο μεταλλοφόρο διάλυμα και το είδος των συμπλόκων που δημιουργούνται κατά την διεργασία.

Αυτή η μέθοδος εξαγωγής μετάλλων χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Οι οργανικές ενώσεις είναι λιπόφιλες ενώσεις, δηλαδή διαλύονται εύκολα σε οργανικούς διαλύτες, επίσης είναι υδρόφοβες (δεν διαλύονται στο νερό). Για να γίνει η εξαγωγή ανόργανων συστατικών, πρέπει να μεταβούν στην υδρόφιλη κατάσταση και μετά από αντίδραση με οργανικές ενώσεις, που είναι μέσα εξαγωγής. Το εξαγωγικό μέσο κανονικά διαλύεται στο οργανικό διαλυτικό. Η οργανική φάση τότε γίνεται το εξαγωγικό μέσο, ο συντελεστής εξαρτάται από την διαλυτότητα του μετάλλου στην οργανική φάση και είναι ανεξάρτητος από την ολική συγκέντρωση του μετάλλου και του λόγου των φάσεων. Ένα μεταλλικό ιόν βρίσκεται συνήθως στην υδατική φάση με την μορφή ενός ενυδατωμένου ιόντος. Κατά συνέπεια η τάση αυτού για μεταφορά στην οργανική φάση μειώνεται.

Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διεργασία πρέπει να τηρούνται δύο προϋποθέσεις:

- Να εξουδετερωθεί το φορτίο του μεταλλικού ιόντος.
- Τα νερά ενυδάτωσης να ανακτηθούν πλήρως από κάποιο άλλο ιόν.

Στην διάρκεια εξαγωγής ενός μετάλλου με οργανικούς διαλύτες πραγματοποιείται η μετατροπή μιας υδρόφιλης ένωσης σε μια υδρόφοβη. Έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα, η υδρόφοβη πλέον ένωση του μεταλλικού ιόντος, να μεταβαίνει στην οργανική φάση. Ένα μεταλλικό ιόν για να συμπλοκοποιηθεί γίνεται μία αντίδραση, όπου τα νερά ενυδάτωσης αντικαθίστανται από άλλα πιο σύνθετα μόρια. Έτσι για αυτό τον λόγο όλες οι αντιδράσεις για συμπλοκοποίηση είναι αντιδράσεις για αντικατάσταση. Ο δεσμός που συνδέει το μεταλλικό ιόν με τον συμπλοκοποιητή ονομάζεται δεσμός (εντάξεως) και μοιάζει με τον ομοιοπολικό δεσμό. Το στάδιο για τον καθαρισμό, που ακολουθεί εκείνο της εξαγωγής, έχει ως σκοπό να απομακρύνει τις ανεπιθύμητες ενώσεις από την φορτωμένη με μέταλλο οργανική φάση. Ο καθαρισμός είναι ένα πρόβλημα που προκύπτει επειδή οι πιο πολλοί εξαγωγείς, δεν εξάγουν αποκλειστικά μόνο ένα μέταλλο αλλά περισσότερα. Κανένα εξαγωγικό αντιδραστήριο δεν είναι απόλυτα εκλεκτικό και κατά συνέπεια πραγματοποιείται συνεξαγωγή άλλων μετάλλων αλλά και ανιόντων ή οξέων. Αυτά τα φαινόμενα μπορεί να είναι χημικά ή φυσικά. Ο εγκλωβισμός (συμπαρασυρμός) της υδατικής φάσης στην φορτωμένη οργανική, κυρίως όταν έχει υψηλή συγκέντρωση



μετάλλου, θεωρείται φυσικό φαινόμενο, το οποίο αντιμετωπίζεται με την έκπλυση της οργανικής φάσης με νερό ή με κάποιο άλλο υδατικό διάλυμα για αυτές τις χρήσεις. Η συμπλοκοποίηση των ανεπιθύμητων μετάλλων με το οργανικό εξαγωγικό αντιδραστήριο είναι ένα χημικό φαινόμενο, τότε ο καθαρισμός αναμένεται να είναι πιο δύσκολος.

Το λειτουργικό κύκλωμα της εξαγωγής μετάλλου με οργανικό διαλύτη η υδατική φάση όπου βρίσκεται το μέταλλο που θα εξαχθεί, μπαίνει στο πρώτο στάδιο και έρχεται σε επαφή με την οργανική φάση, κατ' αντιρροή ως συνήθως, έχει ως αποτέλεσμα το μέταλλο που εξάγεται να μεταφέρεται στην οργανική φάση. Αφού τελειώσει ο διαχωρισμός των δύο φάσεων, η υδατική οδηγείται στα τμήματα ανάκτησης άλλων μετάλλων ή απορρίπτεται και η φορτωμένη με οργανική φάση οδηγείται στο στάδιο έκπλυσης, εκεί έρχεται σε επαφή με ένα νέο υδατικό διάλυμα, όμοιας σύστασης, έτσι ώστε οι ανεπιθύμητες ενώσεις της οργανικής φάσης να μεταβούν στο υδατικό διάλυμα έκπλυσης.

Η πλέον καθαρή φορτωμένη οργανική φάση, μεταβαίνει στο στάδιο για την αναγέννησή της. Στο συγκεκριμένο στάδιο έρχεται σε επαφή με ένα νέο υδατικό διάλυμα, η σύσταση του οποίου είναι τέτοια, ώστε το μέταλλο που κατά τα προηγούμενα στάδια έχει εξαχθεί στην οργανική φάση να μεταφερθεί στην υδατική, όπου συνεχίζει και οδηγείται στο σύστημα παραγωγής του μετάλλου. Η οργανική φάση φεύγοντας από το στάδιο της αναγέννησης, είναι πλέον απαλλαγμένη από το εξαχθέν μέταλλο και ανακυκλώνεται στο επόμενο στάδιο εξαγωγής. Στα τρία αυτά στάδια της λειτουργίας της μεθόδου της εξαγωγής με οργανικούς διαλύτες υπάρχουν περισσότερα από ένα συστήματα ανάμειξης και του διαχωρισμού των φάσεων, στα οποία η οργανική φάση κινείται αντίθετα από την υδατική. Στο στάδιο της εξαγωγής, όπου η υδατική φάση έρχεται σε επαφή με την οργανική, στην απλούστερη των περιπτώσεων ένα από τα μέταλλα που είναι διαλυμένα στην υδατική, θα αντιδράσει με την οργανική, ενώ τα άλλα θα παραμείνουν στην υδατική. Αλλά επειδή ένα μέταλλο που βρίσκεται μέσα σε υδατικό διάλυμα, απαντάται υπό την μορφή πολλών διαφορετικών συμπλόκων ιόντων, για την εξαγωγή με τον συγκεκριμένο διαλύτη γίνεται κάτω από κάποιες συνθήκες. Η οργανική φάση μπορεί να εξαγει μόνο ορισμένα απλά ή σύμπλοκα ιόντα του διαλύματος, με τα οποία έχει χημική συγγένεια και όχι όλα τα ιόντα του διαλύματος, που περιέχουν το συγκεκριμένο μέταλλο. Σημασία επομένως για την εξαγωγή με οργανικό διαλύτη έχει το είδος και η συγκέντρωση των συμπλόκων ιόντων, τα οποία υπάρχουν στο υδατικό διάλυμα.

### **Η σύσταση της οργανικής φάσης**

Συνήθως αποτελείται από τρία βασικά μέρη: τον οργανικό διαλύτη, το διαλυτικό (αραιωτικό) μέσο και τον τροποποιητή των φάσεων.

## **Ο οργανικός διαλύτης:**

Είναι μία ουσία όπου μπορεί να αντιδρά χημικά με μέταλλο ή σύμπλοκο στην υδατική φάση. Εκεί δημιουργεί ένα οργανομεταλλικό σύμπλοκο που είναι διαλυμένο στην οργανική φάση.

### **Κυριότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ο οργανικός διαλύτης για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανική κλίμακα:**

- Να είναι σχετικά φτηνός.
- Πρέπει να έχει την ικανότητα να ανακυκλώνεται για αρκετούς μήνες στο κύκλωμα εξαγωγής που χρησιμοποιείται χωρίς να διασπάται. Δηλαδή να είναι σταθερός.
- Να έχει ελάχιστη διαλυτότητα στην υδατική φάση.
- Δεν πρέπει να σχηματίζει σταθερά γαλακτώματα, όταν αναμιγνύεται με υδατικό διάλυμα. Πρέπει να έχει πολύ χαμηλό ιξώδες, για να αποφεύγεται ο ατελής διαχωρισμός από την υδατική φάση λόγω γαλακτοποιήσεως.
- Κατά την αποθήκευση του πρέπει να είναι σταθερός και επίσης σταθερός όταν έρθει σε επαφή με τα οξέα ή τις βάσεις.
- Να διαχωρίζεται εύκολα από την υδατική φάση. Μεγάλη διαφορά ειδικού βάρους μεταξύ οργανικής και υδατικής φάσης είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί καλός διαχωρισμός των δύο φάσεων. Η διαφορετική πυκνότητα, το χαμηλό ιξώδες και η μεγάλη επιφανειακή τάση ευνοούν τον καλό διαχωρισμό.
- Να μην είναι τοξικός, πτητικός και εύφλεκτος.
- Να έχει την δυνατότητα υψηλής φόρτισης στο προς εξαγωγή μέταλλο και άρα να μπορεί να εξάγει μεγάλη ποσότητα μετάλλου ανά μονάδα αντιδραστήριου.
- Το μέταλλο όπου εξάχθηκε να μπορεί να διαχωρίζεται εύκολα από το οργανικό αντιδραστήριο και σύγχρονως το τελευταίο να αναγεννάται εύκολα.
- Να αντιδρά αρκετά γρήγορα με το μέταλλο ή σύμπλοκο που εξάγουμε.
- Να είναι αρκετά διαλυτός σε αλειφατικούς και αρωματικούς διαλύτες, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται ως διαλυτικά μέσα.

### **Διαλυτικό μέσο**

Τα διαλυτικά που είναι σχετικά φτηνά, προέρχονται από την απόσταξη αργού πετρελαίου. Είναι συνήθως κλάσματα μεσαίας τάξης για να έχουν χαμηλό σημείο ανάφλεξης και χαμηλό ιξώδες. Θεωρούνται αδρανείς ενώσεις και μη εισερχόμενες στο μηχανισμό εξαγωγής, αλλά αυτό δεν είναι απόλυτο.

**Ένα καλό διαλυτικό πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες:**

- Να έχει την ικανότητα να μπορεί να διαλύσει τον τροποποιητή φάσης και το εξαγωγικό αντιδραστήριο.
- Να μπορεί να διαλύσει τα δημιουργούμενα οργανομεταλλικά σύμπλοκα ελαχιστοποιώντας, με τον τρόπο αυτό, τα προβλήματα σχηματισμού τρίτης φάσης και χαμηλής φόρτισης της οργανικής φάσης.
- Το σημείο ανάφλεξης και η πτητικότητα τους να είναι χαμηλή, ο λόγος είναι να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες λόγω εξάτμισης και για κινδύνους ανάφλεξης.
- Να έχει μικρή επιφανειακή τάση.
- Να είναι αδιάλυτο στην υδατική φάση.
- Να είναι φτηνό και να είναι άμεσα διαθέσιμο.

**Οι λόγοι που χρησιμοποιείται το διαλυτικό μέσο είναι οι εξής:**

- Η δημιουργία κατάλληλης συγκέντρωσης του εξαγωγικού αντιδραστηρίου στην οργανική φάση. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων μικρές συγκεντρώσεις του εξαγωγέα στην οργανική φάση είναι αρκετές για την εξαγωγή κάποιων μετάλλων. Στις περιπτώσεις αυτές, εάν δεν χρησιμοποιείτο διαλυτικό μέσο, θα απαιτούνταν διαδοχικές ανακυκλώσεις της οργανικής φάσης και μεγαλύτερη κατανάλωση εξαγωγέα.
- Η μείωση του ιξώδους του εξαγωγικού αντιδραστηρίου. Οι περισσότεροι εμπορικά διαθέσιμοι εξαγωγείς έχουν μεγάλο ιξώδες με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλοι για βιομηχανική χρήση, ειδικά σε συνεχή κυκλώματα.
- Η βελτίωση της ικανότητας διαχωρισμού των δύο φάσεων.
- Η μείωση της τάσης σχηματισμού γαλακτωμάτων του εξαγωγικού αντιδραστηρίου. Πολλοί από τους εξαγωγείς, που χρησιμοποιούνται στα συστήματα εξαγωγής με οργανικούς διαλύτες, τείνουν να δημιουργήσουν γαλακτώματα, ειδικά όταν είναι σε υψηλή συγκέντρωση και σε έντονες συνθήκες ανάδευσης.

**Τροποποιητής φάσης**

Στην διάρκεια εξαγωγής μετάλλων με οργανικούς διαλύτες, μπορεί κάτω από κάποιες προϋποθέσεις, να μας προκύψει μία τρίτη φάση που θα είναι ενδιάμεση μεταξύ οργανικής και υδατικής, αυτό οφείλεται στη έλλειψη της πλήρους διαλυτότητας της υδατικής ή στην οργανική φάση. Ο σχηματισμός της τρίτης φάσης είναι απαγορευτικός για την βιωσιμότητα ενός συστήματος εξαγωγής με οργανικούς διαλύτες. Αυτή η φάση έχει ένα ειδικό βάρος ενδιάμεσο της οργανικής και της υδατικής.

**Ορισμένα πράγματα που ισχύουν στην τρίτη φάση**

- Το πιο σημαντικό είναι η θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία η τρίτη φάση εξαφανίζεται.
- Η εμφάνιση τρίτης φάσης στο σύστημα εξαγωγής είναι πολύ πιθανή όταν χρησιμοποιούνται αλειφατικά διαλυτικά.
- Η εμφάνιση της τρίτης φάσης είναι στις πιο πολλές περιπτώσεις πρόβλημα έλλειψης της καλής διαλυτότητας.
- Τελευταίο και πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο τύπος των ανιόντων της υδατικής φάσεως.

---

## 4 Μέθοδος εκχύλισης μεταλλίου Σκουριώτισσας

---

### 4.1 Γενικά στοιχεία

Η Hellenic Copper Mines ξεκίνησε τη λειτουργία μεταλλείου και του εργοστασίου παραγωγής χαλκού στην περιοχή της Σκουριώτισσας το 1995, στοχεύοντας στην αναβίωση της μεταλλευτικής βιομηχανίας του τόπου. Με την σύγχρονη τεχνολογία που εφαρμόζουν έχουν επιτύχει την παραγωγή μεταλλικού χαλκού με υψηλές προδιαγραφές της τάξης του 99,999% σε περιεκτικότητα. Επίσης ο χαλκός ο οποίος παράγεται από την εταιρεία εξάγεται στην ολότητα του.

Η ιδέα για την δημιουργία αυτού του έργου με την σημερινή του μορφή, κατατέθηκε το 1986 και καθιερώθηκε διεθνώς η νέα τεχνολογία της υδρομεταλλουργίας του χαλκού. Μετά από πολλά χρόνια για έρευνες, για την αύξηση των αποθεμάτων και των κοιτασμάτων στην περιοχή, ακόμα ήθελαν να οριστοποιήσουν τις τεχνικές της εκχύλισης και της ηλεκτρόλυσης. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται, είναι η μέθοδος της Εκχύλισης σε σωρούς – Ηλεκτρόλυσης – Χημική επεξεργασία κυοφορούντος διαλύματος και έτσι γίνεται η παραγωγή καθαρού χαλκού, αυξάνοντας την αξία του ορυκτού πλούτου που εξορύσσει.

Η τεχνολογία αυτή στηρίζεται εξολοκλήρου, στο ότι η αξία του περιεχόμενου του χαλκού δικαιολογεί αυτή την διαδικασία, με την διεθνώς τιμή του χαλκού να καθορίζεται από ένα κοίτασμα το οποίο είναι οικονομικά βιώσιμο. Έχοντας μία ψηλότερη τιμή είναι πιθανόν ακόμα και ένα κοίτασμα που έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε χαλκό, να μπορεί πλέον να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο.

Ένα πολύ σημαντικό γεγονός είναι ότι η εταιρεία αυτή έχει βοηθήσει σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου αφού δραστηριοποιείται σε μία υποανάπτυκτη περιοχή η οποία εφάπτεται με τα κατεχόμενα προσφέροντας έτσι, δουλειά σε άτομα από την ευρύτερη περιοχή, βοηθώντας στην αναζωογόνηση μη αστικών περιοχών. Απασχολεί περισσότερα από 80 άτομα, ενώ από την δραστηριότητα της εξαρτάται και η απασχόληση άλλων τόσων. Επίσης επειδή τα μηχανήματα είναι υψηλής τεχνολογίας, ένα μεγάλο ποσοστό ατόμων που εργάζονται εκεί είναι πτυχιούχοι Πανεπιστημίου.

Τα ενδιαφέροντα της εταιρείας σύμφωνα με την δράση της, δεν είναι μόνο τα οικονομικά της συμφέροντα αλλά και η συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος. Η εταιρεία δίνει όλη την απαιτούμενη προσοχή μέσα από τις ενέργειες της για να διατηρείται η πανίδα και η χλωρίδα στην περιοχή, να προστατεύει το έδαφος, η ατμόσφαιρα, η ιστορική κληρονομιά, οι υδάτινοι πόροι. Επίσης αποφεύγει να χρησιμοποιεί ενέργειες που μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία των κατοίκων της περιοχής. Για την λειτουργία της, η εταιρεία, έχει

εξασφαλίσει τις απαιτούμενες άδειες που χρειάζεται και κάθε 3 χρόνια υποβάλλει μελέτες για περιβαλλοντικές επιπτώσεις και συμμορφώνεται αναλόγως με τους απαιτούμενους κανονισμούς από την Περιβαλλοντική Νομοθεσία.

## 4.2 Η παραγωγική διεργασία

Το εργοστάσιο δουλεύοντας στο μέγιστο έχει την δυνατότητα να παράγει 8000 τόνους χαλκού ανά χρόνο όμως στην παρούσα φάση παράγει μόνο 3600 τόνους. Για την ανάπτυξη και ανεμπόδιστη λειτουργία του εργοστασίου όλα τα τμήματα εξοπλίστηκαν με τα αναγκαία μηχανήματα και το απαραίτητο προσωπικό για να καλύψουν τους στόχους τους, αφού υπάρχουν τμήματα που εργάζονται σε 24ωρη βάρδια και η παραγωγή πρέπει να είναι αδιάκοπη. Από το 1996 που άρχισε η λειτουργία των εργασιών μέχρι σήμερα τροποποιήθηκαν και αναβαθμίστηκαν πολλές τεχνολογίες σε διαδικασίες και εξοπλισμούς, με αποτέλεσμα να βελτιωθούν σημαντικά οι αποδόσεις των τμημάτων και να έχουν σημαντικές μειώσεις στο λειτουργικό κόστος.

### Μεταλλείο

Η παραγωγική ικανότητα της εξόρυξης, της φόρτωσης και της μεταφοράς που υπάρχει τα τελευταία χρόνια στο μεταλλείο είναι η μεγαλύτερη που υπάρχει και λειτουργεί στην Κύπρο. Η δυναμικότητα κάθε μέρα φθάνει στους 20000 τόνους ή 4000000 τόνους το χρόνο. Η απόσταση μεταφοράς των υλικών είναι περίπου δύο χιλιόμετρα. Την εργασία αυτή έχει αναλάβει η Εργοληπτική εταιρεία Αδελφοί Ιακώβου ΑΤΔ. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιεί ο εργολάβος είναι τελευταίας τεχνολογίας, μεγάλης δυναμικότητας και άριστης κατάστασης. Ο εργολάβος απασχολεί 40 υπαλλήλους στην περιοχή.

Η αρχική διεργασία που γίνεται στο μεταλλείο αρχίζει από το τρυπάνι, το οποίο βγάζει δείγματα από τη γη και τα στοιβάζει στο πλάι. Τα δείγματα μεταφέρονται στο χημείο για ανάλυση για να προσδιοριστεί η περιεκτικότητά τους σε χαλκό και να διαπιστωθεί η ποιότητα του χαλκού που υπάρχει σε κάθε τρύπα. Πριν από την μεταφορά των δειγμάτων στο χημείο, γίνεται μια αποτύπωση του στίγματος της κάθε τρύπας από τον τοπογράφο. Μόλις τα αποτελέσματα παρθούν από το χημείο για το κάθε διάτρημα και τα στίγματα του, τότε δημιουργείται ένας χάρτης που δείχνει τις ποιότητες που αποτύπωσε ο τοπογράφος και με αυτό τον τρόπο γνωρίζουμε που είναι φτωχό το μέταλλευμα, που πλούσιο και που είναι στείρο. Μετά γίνεται ένας διαχωρισμός για να τοποθετηθεί το κάθε μέταλλευμα και ανάλογα με τον ρυθμό παραγωγής καθορίζονται και τα συνεργεία που θα εργαστούν.

Όσα μεταλλεύματα έχουν πάνω από 0,27% περιεκτικότητα σε χαλκό θεωρούνται πλούσια μεταλλεύματα. Διαφορετικό σχέδιο διεργασίας έχει το πλούσιο υλικό, διαφορετικό έχει το φτωχό και διαφορετικό το στείρο υλικό. Για να διευκολυνθεί η διαδικασία της φόρτωσης του μετάλλου, γομώνονται οι τρύπες και προκαλείται έκρηξη για να χαλαρώσουν οι δεσμοί μεταξύ κάθε υλικού. Γίνεται τοποθέτηση δυναμίτη και νιτρικής αμμωνίας μέσα σε κάθε τρύπα και μετά τις

κλείνουν καλά με το χώμα που είχε βγει από αυτή. Στην συνέχεια ενώνονται οι τρύπες με πλαστικό καλώδιο (Σχ. 4.1) και γίνεται η έκρηξη. Οι ανατινάξεις είναι υπό την ευθύνη της HCM με δικό της έμπειρο προσωπικό, από μηχανικούς και τεχνικούς, που ασχολούνται με τον σχεδιασμό των ορυχείων.



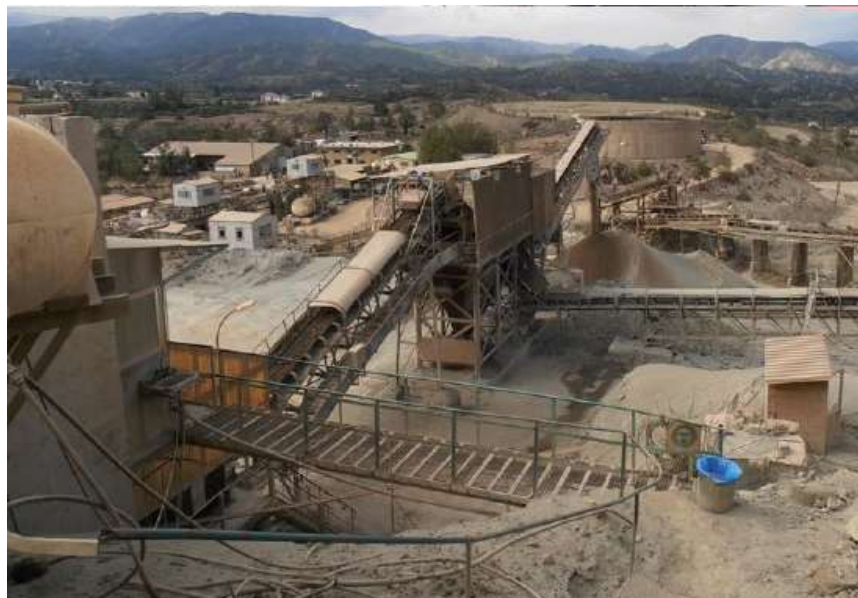
Σχήμα 4.1: Ένωση πλαστικών καλωδίων

(<http://www.hcm.com.cy/site/images/image006.jpg>)

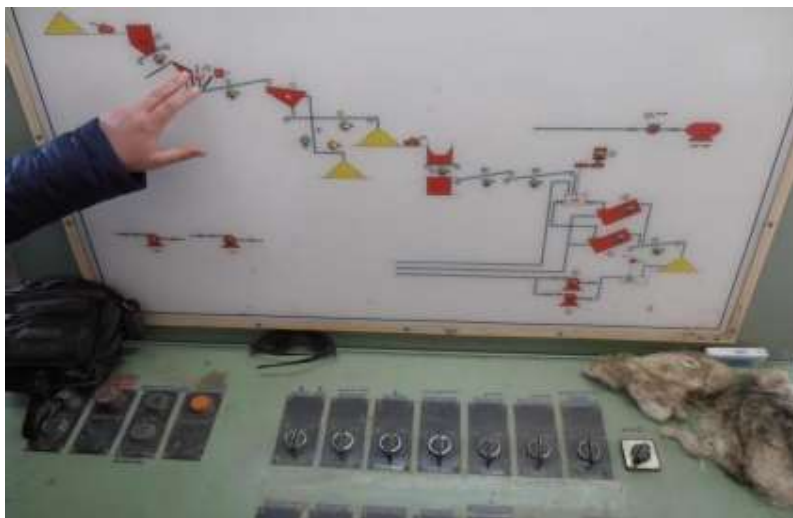
Κάθε μέρα χρησιμοποιούνται 1000 με 1500 κιλά από εκρηκτικά για 100 – 180 διατρήματα βάθους 3 μέτρων. Ακολούθως γίνεται φόρτωση του υλικού, αν είναι στείρο τότε το πετάνε, το φτωχό μεταφέρεται όπως είναι μετά την έκρηξη και αποθέεται χωρίς καμιά επεξεργασία σε σωρούς και εκεί ραντίζεται, τέλος αν το υλικό είναι πλούσιο τότε μπαίνει στο σπαστήρα.

### **Τμήμα θραύσης**

Η δυναμικότητα του εργοστασίου θραύσης (Σχ. 4.2) είναι 300 τόνοι την ώρα. Τα σημαντικότερα και κυριότερα μηχανήματα είναι ο σιαγανοφόρος σπαστήρας, το κόσκινο, ο δευτερογενής σπαστήρας, ο τροφοδότης και οι μεταφορικές ταινίες. Η διαθεσιμότητα του τμήματος είναι της τάξης του 80% και βρίσκεται μέσα στα διεθνή επίπεδα για παρόμοιες μονάδες. Η λειτουργία γίνεται με ένα χειριστή από κεντρικό πίνακα ελέγχου όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.2: Διάταξη τμήματος θραύσης (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)



Σχήμα 4.3: Σύστημα ελέγχου και κεντρικό σύστημα ελέγχου(Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Μετά την έκρηξη στο μεταλλείο συλλέγεται το μέταλλευμα και εκείνο που είναι πιο πλούσιο μεταφέρεται στο κανάλι του σπαστήρα. Για παράδειγμα μεταφέρονται διάφορα μεταλλεύματα διαφόρων περιεκτικότητων (πάνω από 0,27%) και δημιουργείται ένα χαρμάνι (Σχ. 4.4) με την βοήθεια του εργολάβου που είναι υπεύθυνος για την διαδικασία αυτή. Η μονάδα έχει φτιαχτεί για να δουλεύει σε δύο βάρδιες, 7:00-15:00 και 15:00-23:00 για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του



εργοστασίου στην επεξεργασία του μεταλλεύματος. Αυτό όμως μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα με τις ανάγκες που θα προκύψουν κάθε φορά.



Σχήμα 4.4: Χαρμάνι που φτιάχνεται με την βοήθεια του εργολάβου (Τμήματα Γεωλογικής Επισκόπησης και Περιβάλλοντος)

Το υλικό από το κανάλι μπαίνει σε ένα σιλό και με την βοήθεια μιας αλυσίδας μεταφέρεται στον σιαγνοφόρο σπαστήρα Σχ. 4.5). Πριν από τον σπαστήρα, το υλικό περνάει μέσα από σχάρες κοσκινίσματος που έχουν ανοίγματα 10 εκατοστών, έτσι ώστε το υλικό το οποίο δεν χρειάζεται σπάσιμο να περνάει από κάτω και να μην επιβαρύνεται ο σπαστήρας με περαιτέρω υλικό.



Σχήμα 4.5: Σιαγνοφόρος σπαστήρας (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Ο σιαγανοφόρος σπαστήρας (Σχ. 4.5) αποτελείται από μια κινητή πλάκα και από μια ακίνητη. Η κινητή πλάκα ανοιγοκλείνει και στο κλείσιμο της καθορίζεται το μέγεθος που θα σπάσει το υλικό. Αυτό ρυθμίζεται από τους χειριστές που είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία του σπαστήρα και συνήθως επιτυγχάνει θραύσματα 10 με 11 εκατοστά.

Η διαδικασία με τον σιαγανοφόρο σπαστήρα αποτελεί την πρωτογενή θραύση της διαδικασίας επεξεργασίας του υλικού. Μέσω των μεταφορικών ταινιών μεταφέρεται το θραυσμένο υλικό και το υλικό που πέρασε μέσα από τις σχάρες (Σχ. 4.6), σε ένα κόσκινο διπλού πατώματος. Στο πρώτο πάτωμα του κόσκινου υπάρχουν πλέγματα με άνοιγμα 60mm περίπου και στο κάτω μέρος πλέγματα 25mm. Το τι άνοιγμα θα έχουν τα πλέγματα του κόσκινου αποφασίζεται από τους υπευθύνους της διαδικασίας ανάλογα με τα προϊόντα που θέλουν να βγάλουν.



Σχήμα 4.6: Σχάρα κοσκινίσματος διπλού πατώματος(Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Ότι μένει πάνω στο πρώτο πάτωμα του κόσκινου, δηλαδή αυτό που είναι πάνω από 60mm μεταφέρεται στον δεύτερο σπαστήρα για περαιτέρω επεξεργασία, ο οποίος είναι κυλινδρικός και οδοντωτός. Ο σπαστήρας αυτός αποτελείται από δύο κυλίνδρους οι οποίοι κινούνται με αντίθετη φορά και έχουν πάνω τους δόντια σπάζοντας το υλικό σε στρογγυλεμένα κομμάτια περίπου 50mm.

Ότι μένει πάνω στο δεύτερο πάτωμα θεωρείται έτοιμο προϊόν (αυτό που πέρασε από το πλέγμα των 60mm και έπεσε πάνω στο πάτωμα των 25mm) και αποτελεί το αδρομερές υλικό. Ότι περνά κάτω από το πλέγμα των 25mm είναι το ψηλομερές υλικό και οδηγείται μέσω της μεταφορικής ταινίας σε μια σωρό και έπειτα από εκεί μεταφέρεται για επεξεργασία στο εργοστάσιο επεξεργασίας μεταλλεύματος. Το θραυσμένο υλικό που προέρχεται από τον κυλινδρικό σπαστήρα μαζί με το αδρομερές υλικό (αυτό που έμεινε πάνω στο πλέγμα των 25mm) μεταφέρονται μέσω

μιας άλλης μεταφορικής ταινίας εκτός του εργοστασίου επεξεργασίας και στοιβάζονται επίσης σε μια σωρό. Αυτά τα υλικά δέχονται μια διαφορετική επεξεργασία σε σχέση με το ψηλομερές υλικό επειδή δεν είναι οικονομικά συμφέρον να επεξεργαστούν περαιτέρω. Στην ουσία σπάνε το μέταλλευμα με σκοπό να δημιουργηθούν επιφάνειες ορυκτού οι οποίες όταν θα έρθουν σε επαφή με το θειικό οξύ να επιφέρουν την άμεση διάλυση του χαλκού.

#### 4.3 Εργοστάσιο Επεξεργασίας Πλούσιου Μεταλλεύματος

Το εργοστάσιο αυτό έχει δυναμικότητα 80 τόνων ανά ώρα. Η λειτουργία γίνεται με ένα χειριστή από κεντρικό πίνακα ελέγχου. Σχεδόν όλα τα μηχανήματα που υπάρχουν είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα κυριότερα είναι οι τροφοδότες, οι κοχλιοφόροι υδροταξινομητές (Σχ. 4.7), το κόσκινο αφυδάτωσης, οι αναδευτήρες, οι παχυντές, τα αμμόφιλτρα και μεγάλος αριθμός αντλιών πολφού.



Σχήμα 4.7: Κοχλιοφόροι υδατοταξινομητές (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Στους 2 κοχλιοφόρους ταξινομητές οδηγείται μέσω των μεταφορικών ταινιών από τη σωρό που είναι στοιβαγμένο το ψηλομερές υλικό, δηλαδή το μέταλλευμα το οποίο είναι μικρότερο των 25mm, για επεξεργασία. Ο κοχλίας με ρυθμιζόμενη κλίση και συγκεκριμένο ύψος αναδύει το μέταλλευμα μαζί με το νερό το οποίο προμηθεύτηκε από του υδροταξινομητές. Με αυτόν τον τρόπο το ελαφρύ υλικό (με διάμετρο περίπου 0-0,3mm) επιπλέει πάνω στο νερό και οδηγείται προς την πίσω πλευρά του κοχλίου (Σχ. 4.8).



Σχήμα 4.8: Κοχλίας με συγκεκριμένη κλίση (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Το υλικό το οποίο δεν μπορεί να επιπλεύσει οδηγείται προς την έξοδο, δηλαδή στο πάνω μέρος του κοχλίου. Το ξεπλυμένο πλέον υλικό, μεταφέρεται μέσω των μεταφορικών ταινιών και τοποθετείται στους σωρούς μαζί με το αδρόκοκκο υλικό. Στη συνέχεια το ξεπλυμένο υλικό, αναμιγνύεται με το αδρόκοκκο υλικό και δημιουργούνται οι σωροί εκχύλισης. Περίπου παράγονται 30 με 50 τόνοι ξεπλυμένου υλικού και άλλοι τόσοι λάσπης ανά ώρα.

Το υλικό που ρέει μέσω από την υπερχειλίση των υδροταξινομητών με την βοήθεια ενός σωλήνα, μεταφέρεται σε ένα σύστημα με μεγάλους αναδευτήρες που ονομάζονται παχυντές. Οι παχυντές αυξάνουν το πάχος του πολφού, δηλαδή τον κάνουν πιο πλούσιο σε στερεά. Στο κάτω μέρος τους υπάρχει μια προπέλα σε σχήμα καθιστών κώνων που σχηματίζουν ένα σταυρό ύψους ενός μέτρου περίπου και αναδύουν με πολύ αργή ταχύτητα. Ο κάθε παχυντής έχει χωρητικότητα 1000 κυβικά μέτρα και συνδέεται με ένα διπλό σύστημα αντλιών, έτσι ώστε να έχουμε την ευχέρεια χρήσης του παχυντή σε περίπτωση βλάβης κάποιας αντλίας.

Όλο το σύστημα αποτελείται από 4 παχυντές (Σχ. 4.9). Επειδή το υλικό μεταφέρθηκε από τους υδροταξινομητές είναι φτωχό σε στερεά (γύρω στο 12%), προετοιμάζεται στον πρώτο παχυντή και εμπλουτίζεται το υλικό με στερεά (γύρω στο 18 - 20%). Όταν ο πολφός φεύγει από τον πρώτο παχυντή, πάει σε ένα σύστημα από τρεις παχυντές και εκεί αρχίζει η διαδικασία της έκπλυσης του υλικού. Ο πολφός τρέφεται από τον ένα παχυντή στον άλλο και με την βοήθεια της ανάδευσης ο χαλκός ξεπλένεται από το χώμα και επιπλέει στο νερό. Μόλις ο πολφός καταλήξει στον τέταρτο παχυντή, μεταφέρεται στην λίμνη τελμάτων. Το εργοστάσιο παράγει 1500 με 2000 κυβικά μέτρα διαλύματος κάθε μέρα με ποιότητα 1 με 3 κιλά  $\text{Cu}/\text{m}^3$  που δίνουν 1,5 με 6 τόνους χαλκού ανά μήνα.

Το εργοστάσιο επεξεργασίας μεταλλευμάτων είναι πολύ σημαντικό για την μέθοδο της εκχύλισης που χρησιμοποιεί, για τον λόγο ότι επιτρέπει την επεξεργασία σε ψηλομερή υλικά 0 – 0,3mm, τα οποία δεν γίνεται να μεταφερθούν στους σωρούς

εκχύλισης. Αν το ψηλομερές υλικό κατευθυνόταν στα κανάλια θα έφραζε τις οδούς του όξινου διαλύματος που διοχετεύεται για την διάλυση του χαλκού και τότε θα παρουσιαζόταν πρόβλημα. Αυτή η μέθοδος είναι μία γρήγορη διαδικασία που μπορεί να διαρκεί 24 έως 48 ώρες, με το μειονέκτημά της να είναι ότι το περιεχόμενο του χαλκού που συλλέγεται να είναι περίπου 25 – 30%.



Σχήμα 4.9: Ο παχυντής

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.orykta.gr%2Fimages%2Feboutismos\\_twn\\_metalleumatwn%2F14.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.orykta.gr%2Fekmetalleusi-emploutismos%2F21-methodoi-emploutismou%2F79-eboutismos-twn-metalleumatwn&docid=p2KLnADqUHPdZM&tbid=GJBTApTJXj2AZM%3A&vet=10ahUKEwjMzLqz94vUAhXJaxQKHWzNAW4QMwguKAwwDA..i&w=600&h=402&bih=590&biw=1334&q=%CE%9A%CE%BF%CF%87%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CE%B9%20%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82&ved=0ahUKEwjMzLqz94vUAhXJaxQKHWzNAW4QMwguKAwwDA&iact=mrc&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.orykta.gr%2Fimages%2Feboutismos_twn_metalleumatwn%2F14.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.orykta.gr%2Fekmetalleusi-emploutismos%2F21-methodoi-emploutismou%2F79-eboutismos-twn-metalleumatwn&docid=p2KLnADqUHPdZM&tbid=GJBTApTJXj2AZM%3A&vet=10ahUKEwjMzLqz94vUAhXJaxQKHWzNAW4QMwguKAwwDA..i&w=600&h=402&bih=590&biw=1334&q=%CE%9A%CE%BF%CF%87%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CE%B9%20%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82&ved=0ahUKEwjMzLqz94vUAhXJaxQKHWzNAW4QMwguKAwwDA&iact=mrc&uact=8) )

### Σωροί εκχύλισης

Οι σωροί εκχύλισης (Σχ. 4.10) είναι οι επίπεδες περιοχές όπου δημιουργούνται πλατείες από τον τοπογράφο με συγκεκριμένη κλίση. Εκεί τοποθετούνται τα φτωχά υλικά τα οποία μεταφέρονται απευθείας από το μεταλλείο μαζί με το αδρομερές υλικό που παράγεται κατά την επεξεργασία της θραύσης, έτσι ώστε να ραντιστούν με θειικό οξύ. Πολύ σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι τα φτωχά υλικά δεν έχουν υποστεί κάποια άλλη επεξεργασία προτού κατευθυνθούν στους σωρούς, λόγω του ότι δεν είναι οικονομικά συμφέρον.



Σχήμα 4.10: Σωροί εκχύλισης (<http://www.hcm.com.cy/site/images/image012.jpg>)

Κατά την σχεδίαση των πλατιών, τοποθετούνται ειδικές μεμβράνες (HDPE) πάχους 1,5mm. Οι μεμβράνες αυτές διαχωρίζουν το μέταλλευμα από το υπέδαφος και πάνω τους τοποθετείται το υλικό. Σήμερα όλη η έκταση των σωρών καλύπτει  $400.000m^2$ . Όταν συμπληρωθεί ο πρώτος σωρός, μετά η διαδικασία συνεχίζεται με την κατασκευή νέου σωρού πάνω από τον προηγούμενο. Ο αποθέτης λειτουργεί με ένα χειριστή 8 με 10 ώρες την ημέρα.

Η διαδικασία της εκχύλισης είναι συνεχής για 24 ώρες την ημέρα. Για την ομαλή διεξαγωγή της διαδικασίας, δημιουργούνται μικρές δεξαμενές στις άκρες των σωρών και στην συνέχεια ραντίζεται κάθε φορά ένα μέρος του καναλιού έτσι ώστε ο χαλκός να υγροποιείται, να πηγαίνει προς τις δεξαμενές, να συλλέγεται στις δεξαμενές και μετά από εκεί να οδηγείται προς τη λίμνη των τελμάτων (Σχ. 4.11).

Στην λίμνη των τελμάτων μεταφέρονται τα διαλύματα από τους παχυντές και από τους σωρούς εκχύλισης για να αναμιχτούν. Αυτά τα δύο διαλύματα είναι τα ίδια αλλά έχουν διαφορετικό σε περιεκτικότητα χαλκό το ένα από το άλλο. Ένας χειριστής πρέπει να λειτουργεί τους κυκλώνες στην λίμνη των τελμάτων για να γίνει σωστά η ανάμιξη.

Αυτή η διαδικασία έχει ένα μειονέκτημα έναντι του εργοστασίου επεξεργασίας επειδή είναι πολύ χρονοβόρα, δηλαδή ο χαλκός για να συλλεχτεί χρειάζεται μερικούς μήνες ή καμιά φορά και χρόνο.



Σχήμα 4.11: Λίμνη τελμάτων (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

### **Εργοστάσιο ηλεκτρόλυσης και χαλκούχου διαλύματος**

Το τμήμα αυτό αποτελεί το τελευταίο στη σειρά μέρος της παραγωγής και έχει δυναμικότητα 8.000 τόνων χαλκού ανά έτος. Πολύ σημαντικό είναι ότι κατά την κατασκευή του έχουν γίνει προβλέψεις, ώστε με μία κάπως μικρή επένδυση, να έχει την δυνατότητα να αναβαθμιστεί η δυναμικότητα παραγωγής στους 11.000 τόνους ανά έτος.

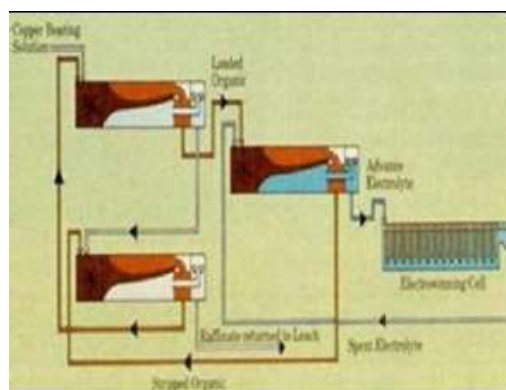
Για την σωστή λειτουργία, το τμήμα επεξεργασίας θα πρέπει να πλαισιώνεται με αρκετά περιφερειακά μηχανήματα όπως για παράδειγμα, διάφορα ντεπόζιτα, λέβητες, φίλτρα, αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, μονάδα παραγωγής απιονισμένου νερού, ανορθωτές από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα, μετασχηματιστές, γερανογέφυρα 5 τόνων, ζυγαριά, μηχανή πλυσίματος και εκδοράς καθόδων κλπ.

Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας διαλύματος μεταφέρεται το διάλυμα από την λίμνη τελμάτων σε 3 τμήματα αναμικτήρων (Σχ. 4.12) για να επεξεργαστεί. Σε αυτή τη φάση γίνεται ένας καθαρισμός για να περάσει ο χαλκός στην οργανική φάση (αντιδρά η υδατική φάση που περιέχει τα ιόντα χαλκού με την οργανική). Εκεί γίνεται εξαγωγή του χρήσιμου μετάλλου από την μια φάση στην άλλη. Η οργανική φάση αποτελείται από ένα διαλύτη, όπως είναι η κηροζίνη και από μια άλλη οργανική ουσία, τον εξαγωγέα ο οποίος έχει καθορισμένο το  $pH$  του και έχει συγκεκριμένη θερμοκρασία. Η δουλειά του εξαγωγέα είναι να δεσμεύσει τον χαλκό και να επιταχύνει έτσι την μεταφορά του από την υδατική φάση στην οργανική. Δηλαδή ο εξαγωγέας απορροφά τον χαλκό από την υδατική φάση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή κατιόντων με τον εξαγωγέα. Το στείρο διάλυμα το οποίο περιέχει η υδατική φάση πλέον επιστρέφει σε μια δεξαμενή, όπου εμπλουτίζεται με θειικό οξύ και πηγαίνει πίσω στους σωρούς εκχύλισης. Έτσι επιτυγχάνεται η ανακύκλωση του διαλύματος.



Σχήμα 4.12: Τμήμα αναμικτήρα (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Η ανάμειξη (Σχ. 4.13) των δυο φάσεων αποτελείται από δύο στάδια το extraction 1 και το extraction 2. Στο extraction 1 εισέρχεται η οργανική με την υδατική φάση και αναμιγνύονται με την βοήθεια του αναδευτήρα. Αυτή η διαδικασία χρειάζεται ορισμένο χρόνο ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αποδοτικότητα. Η μέγιστη αποδοτικότητα είναι περίπου 90%, δηλαδή αν το διάλυμα το οποίο εισέρχεται έχει 0,7gr/L περιεκτικότητας ιόντα χαλκού, τότε το στείρο διάλυμα που φεύγει πρέπει να έχει 0,0707gr/L ιόντα χαλκού. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να ρυθμιστεί το πόσο διάλυμα πρέπει να εισέρχεται, η ταχύτητα του αναδευτήρα, ο χρόνος παραμονής του διαλύματος. Το τμήμα επεξεργασίας, όταν λειτουργεί σε σειρά, έχει δυναμικότητα  $350\text{ m}^3/\text{hr}$  και όταν λειτουργεί με παράλληλη διάταξη όπως βλέπουμε πιο κάτω  $600\text{ m}^3/\text{hr}$ .



Σχήμα 4.13: Δεξαμενή ανάμειξης και διαχωρισμού  
(<http://www.hcm.com.cy/site/images/image018.jpg>)

Η φορτωμένη οργανική φάση μεταφέρεται από το extraction 1 στο extraction 2 όπου ακολουθεί την ίδια διαδικασία και από εκεί οδηγείται στον τρίτο αναμικτήρα όπου αναμιγνύεται με ηλεκτρολύτη και ακολούθως κατευθύνεται στο στάδιο της ηλεκτρόλυσης.



Το διάλυμα που εισέρχεται στον τρίτο αναμικτήρα (Σχ. 4.14) είναι το θειικό οξύ και αναμιγνύεται μαζί με την οργανική φάση για να μετατραπεί σε θειικό χαλκό. Δηλαδή τα κατιόντα χαλκού από την οργανική φάση περνάνε ξανά σε υδατική και γίνονται ηλεκτρολύτης, με τον τελευταίο να προσφέρει κατιόντα υδρογόνου στην οργανική φάση. Ο ηλεκτρολύτης μπορεί να εκμεταλλευτεί μόνο 60% της περιεκτικότητας του χαλκού που περιέχει η οργανική φάση, γι' αυτό πρέπει να γίνεται συνεχής ανακύκλωση. Όταν η οργανική φάση φεύγει από το τελευταίο στάδιο πάει πίσω στο extraction 1 για να επαναληφθεί η ίδια διαδικασία, η οποία είναι 24ωρη.



Σχήμα 4.14: Ο τρίτος αναμικτήρας που εμπλουτίζει τον ηλεκτρολύτη με τα ιόντα χαλκού (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Πιο πάνω βλέπουμε στην δεξιά μεριά την οργανική φάση και αριστερά τον ηλεκτρολύτη ο οποίος στην συνέχεια οδηγείται στο στάδιο της ηλεκτρόλυσης. Στον αναμικτήρα, αναμιγνύεται η φορτωμένη οργανική φάση με τον ηλεκτρολύτη.

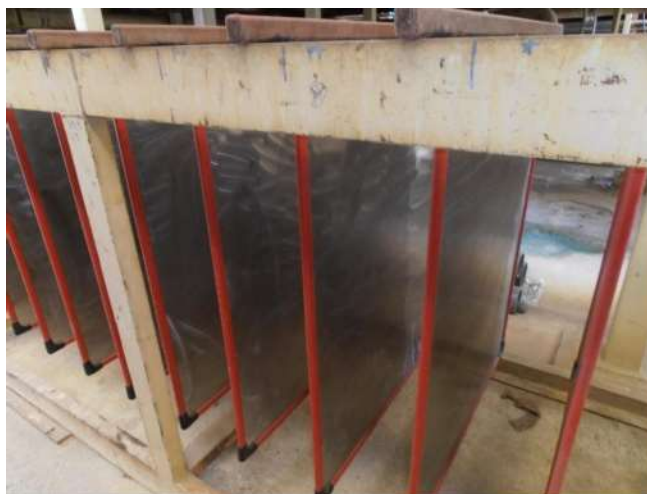
Καθημερινά γίνονται αναλύσεις για την ποιότητα του ηλεκτρολύτη, την οξύτητα, για την ποσότητα του νερού ή του θειικού οξέος. Ακόμα γίνεται και εβδομαδιαία ανάλυση για τον εξαγωγέα ο οποίος υπάρχει στην οργανική φάση.

Στο επόμενο στάδιο γίνεται η ηλεκτρόλυση. Για να πραγματοποιηθεί η ηλεκτρόλυση χρησιμοποιούνται 50 κελιά (Σχ. 4.15) τα οποία αποτελούνται από ανόδους και καθόδους, επίσης ανάμεσα τους τροφοδοτείται ο ηλεκτρολύτης. Η κάθε κάθοδος αποτελείται από δύο ανόδους.



Σχήμα 4.15: Τα κελιά ηλεκτρόλυσης (Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Μέσα στα κελιά εισέρχεται ηλεκτρολύτης που είναι εμπλουτισμένος από 30gr/L χαλκού και κατά την ηλεκτρόλυση τα κατιόντα χαλκού κατευθύνονται προς την κάθοδο, ενώ στην άνοδο παράγεται οξυγόνο. Η μητρική κάθοδος (Σχ. 4.16) έχει διαστάσεις 1m X 1m και αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα ενώ η πλάκα ανόδου αποτελείται από μόλυβδο.



Σχήμα 4.16: Οι μητρικές καθόδοι(Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας)

Το κάθε κελί μπορεί να έχει μέγιστη τάση 2V, αυτό εξαρτάται από το πόσο πλούσιος είναι ο ηλεκτρολύτης. Όσο πιο πλούσιος είναι ο ηλεκτρολύτης, επιτυγχάνεται περισσότερη ένταση ρεύματος ώστε να παραχθεί μεταλλικός χαλκός. Η ένταση του ρεύματος μπορεί να φτάσει μέχρι και 12000A. Πολύ σημαντικό είναι να

υπάρχει κάποια ισορροπία μεταξύ της έντασης του ρεύματος με την ποιότητα του ηλεκτρολύτη. Όταν η ένταση του ρεύματος είναι υψηλή και ο ηλεκτρολύτης δεν είναι πλούσιος, τότε ο κρυσταλλικός σχηματισμός του μεταλλικού χαλκού δεν θα είναι καλής ποιότητας με αποτέλεσμα να αλλοιώνονται οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού ή ακόμα και σε ακραίες περιπτώσεις να γίνει ψαθυρό.

Ο χαλκός για να μπορέσει να αποκολληθεί από την επιφάνεια μίας μητρικής πλάκας (Σχ. 4.17) θα πρέπει να φτάσει σε ένα προκαθορισμένο πάχος και βάρος 50Kg περίπου και για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται να περάσουν 10 με 12 μέρες. Για να γίνει η αποκόλληση χρειάζεται μία μηχανή εκδοράς. Αυτή η μηχανή πιέζει με έμβολα τις δύο πλευρές της πλάκας και ξεκολλά ο χαλκός. Αν σε κάποια περίπτωση ο χαλκός ξεπεράσει τα 50Kg τότε ο χαλκός μπορεί να αποκολληθεί μόνος του και να δημιουργήσει πρόβλημα κατά την διαδικασία. Σε άλλη περίπτωση που ο χαλκός έχει λεπτό πάχος τότε υπάρχει πιθανότητα να μην μπορεί να αποκολληθεί από την πλάκα και για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα υπάρχει προκαθορισμένο πάχος όπως αναφέρεται πιο πάνω.

Για να παραχθεί 1Kg χαλκού πρέπει να καταναλωθούν περίπου 2KWh ηλεκτρικής ενέργειας. Το εργοστάσιο παράγει 300 τόνους κάθε μήνα. Ο χαλκός που παράγεται δένεται σε δέσμες, μετά ζυγίζεται και στην συνέχεια τοποθετείται σε κοντέινερ και μεταφέρεται στο λιμάνι της Λεμεσού για άμεση εξαγωγή. Το μειονέκτημα του χαλκού είναι ότι οξειδώνεται πολύ εύκολα και έτσι είναι σημαντικό να μην εκτεθεί στις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Το σύστημα λειτουργίας του τμήματος αποτελείται από τέσσερις ομάδες σε τρεις βάρδιες. Επίσης δύο χειριστές ελέγχουν τη λειτουργία του ηλεκτροπαραγωγού σταθμού και όλων των περιφερειακών μονάδων. Στο δωμάτιο ελέγχου υπάρχει ένας κεντρικός πίνακας από τον οποίο γίνεται το μεγαλύτερο μέρος των ελέγχων και ρυθμίσεων. Επίσης υπάρχει και ένα μικρό χημικό εργαστήριο.

Για να καθοριστεί η τιμή του χαλκού, εξαρτάται από την καθαρότητα του. Όσο πιο κοντά φτάνουμε στην απόλυτη τιμή τόσο περισσότερο ταυτίζονται οι μηχανικές του ιδιότητες με αυτές του χρυσού.

Ο χαλκός που παράγει η Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρεία πωλείται αποκλειστικά σε συγκεκριμένη εταιρία στο εξωτερικό. Η εταιρία αυτή το χρησιμοποιεί για να κατασκευάσει ηλεκτρικά καλώδια λόγω της υψηλής ποιότητας του.



Σχήμα 4.17: Παραγόμενος χαλκός πάνω στην πλάκα καθόδου

## Σχέδιο για την επέκταση της ζωής της εταιρείας

Τα κοιτάσματα στο μεταλλείο του Φοίνικα σιγά σιγά αρχίζουν και εξαντλούνται, υπάρχει η ανάγκη για την HCM να επεκταθεί στην γύρω περιοχή σε άλλα μεταλλεία για να συνεχίσει ο κύκλος ζωής της. Η εταιρεία έχει ενημερώσει το προσωπικό ότι θα αρχίσουν σύντομα να εκμεταλλεύονται τα μεταλλεία της Αλεστού και του Απλικιού. Στην περιοχή του Απλικιού υπάρχει ένα παλιό μεταλλείο το οποίο εκμεταλλεύονταν η Κυπριακή Μεταλλευτική Εταιρεία (CMC) για μικρό χρονικό διάστημα, επίσης στην ίδια περιοχή η CMC ανακάλυψε και ένα κοίτασμα. Το σχέδιο της HCM σε περίπτωση που εξασφαλίσει την άδεια για αυτές τις δύο περιοχές είναι να γίνεται επιτόπου η διαδικασία της θραύσης, της επεξεργασίας και της εκχύλισης του μεταλλεύματος, ενώ η ηλεκτρόλυση θα γίνεται στο εργοστάσιο της Σκουριώτισσας. Η συγκεκριμένη επέκταση έχει υπολογιστεί ότι θα δώσει 10 – 15 χρόνια ζωή στην εταιρεία.

Η εταιρεία σε συνεργασία με διάφορα πανεπιστήμια κάνει μελέτες πάνω στην εκχύλιση του χαλκοπυρίτη, κάτι που στο παρόν στάδιο δεν είναι εφικτό. Στο νησί υπάρχουν μεγάλα αποθέματα χαλκοπυρίτη. Αυτά τα αποθέματα θα είναι εκμεταλλεύσιμα και οικονομικά βιώσιμα σε περίπτωση που η έρευνα είναι επιτυχής. Μια τέτοια ανακάλυψη θα είναι πολύ σημαντική για την οικονομία της Κύπρου, καθώς η Κυπριακή Μεταλλευτική Βιομηχανία θα ξαναγίνει ανταγωνιστική σε παγκόσμιο επίπεδο.

Μία τέτοια ανάλογη έρευνα έχει γίνει και στο εξωτερικό αλλά μόνο σε εργαστηριακό επίπεδο. Τα κοιτάσματα που επεξεργάζονται έχουν περιεκτικότητα 2 με 3% και το 80% του χαλκού που παράγεται παγκοσμίως γίνεται με την μέθοδο της πυρομεταλλουργίας.

Η έρευνα γίνεται σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γενετικής και με Πανεπιστήμια της Αγγλίας, όπου μέχρι τώρα η HCM έχει επενδύσει €1.500.000 σε μελέτες και μηχανήματα. Η εταιρεία στοχεύει να εφαρμόσει και πρακτικά την μέθοδο εκχύλισης χαλκοπυρίτη, με την δημιουργία ηλιακού πάρκου για να ζεσταίνεται το διάλυμα γύρω στους 40°C, έτσι ώστε να ευνοούνται τα θερμοφιλά βακτήρια που μπορούν να εκχυλίσουν χαλκοπυρίτη.

---

## 5 Συμπεράσματα

---

**Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα που μελετήσαμε κατά την διάρκεια της εργασίας μας καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:**

- Η μεταλλευτική βιομηχανία και η εξόρυξη Χαλκού έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πολιτιστική και οικονομική ανάπτυξη του νησιού (κεφάλαιο 2)
- Τα εναπομείναντα κοιτάσματα Χαλκού στην Κύπρο είναι κυρίως θειούχα και "φτωχά" σε περιεκτικότητα συνεπώς τα κοιτάσματα αυτά μπορούν να εκμεταλλευθούν μόνο με μεθόδους υδρομεταλλουργίας.
- Με την τιμή του Χαλκού στην παρούσα φάση τα πλείστα κοιτάσματα που έχουν απομείνει στην Κύπρο δεν είναι οικονομικά βιώσιμα. Σε περίπτωση αύξησης της τιμής του Χαλκού διεθνώς αυτό είναι πιθανό να αλλάξει.
- Τα περισσότερα κοιτάσματα έχουν ήδη εκμεταλλευθεί πλήρως λόγω της συνεχιζόμενης εξόρυξης για σχεδόν 6000 χρόνια.
- Η HCM είναι η μόνη εταιρεία που συνεχίζει να δραστηριοποιείται ακόμα στο χώρο της εξόρυξης και παραγωγής χαλκού. Το μεταλλείο της Σκουριώτισσας έχει ακόμα 2 - 3 χρόνια ζωής ενώ μια πιθανή επέκταση στο μεταλλείο του Αλεστού και του Απλικιού θα προσδώσει ακόμα περίπου 15 χρόνια συνέχισης των εργασιών της εταιρείας.
- Τα κοιτάσματα στην Σκουριώτισσα, στο Απλίκι και στο Αλεστό είναι τα τελευταία γνωστά οικονομικά βιώσιμα κοιτάσματα, σύμφωνα με έρευνες που έχει διενεργήσει η HCM.
- Μακροχρόνια η συνέχιση της εξόρυξης και παραγωγής χαλκού στην Κύπρο εξαρτάται άμεσα από την επιτυχία της έρευνας, που διενεργεί η HCM μαζί με διάφορα πανεπιστήμια και το Ινστιτούτο Γενετικής, για την εκχύλιση χαλκοπυρίτη.
- Στην Κύπρο υπάρχουν μεγάλα αποθέματα χαλκοπυρίτη, τα οποία θα είναι εκμεταλλεύσιμα και οικονομικά βιώσιμα στην περίπτωση που η έρευνα αυτή είναι επιτυχής. Μια τέτοια ανακάλυψη θα είναι σημαντική για την οικονομία του τόπου, καθώς η Κυπριακή μεταλλευτική βιομηχανία θα γίνει ξανά ανταγωνιστική σε Παγκόσμιο επίπεδο.

- Από τις 32 κλειστές / εγκαταλελειμμένες μεταλλευτικές εξορυκτικές δραστηριότητες προκύπτουν 36 κλειστές / εγκαταλελειμμένες ΕΕΑ εκ των οποίων οι 34 έχουν ταξινομηθεί στην κατηγορία Α βάση του Άρθρου 15 του Νόμου 82(Ι)/2009
- Από την ενεργή μεταλλευτική δραστηριότητα στην Σκουριώτισσα (Σχ. 6.1) προκύπτουν 3 ΕΕΑ οι οποίες έχουν ταξινομηθεί και οι 3 στην κατηγορία Α.



**Σχήμα 5.1: Γενική όψη του Μεταλλείου της Σκουριώτισσας**

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2FMines%2FMinesSrv.nsf%2F0%2F0736D59F3496F8D7C225713A0051A631%2F%24file%2F%25CE%259C%25CE%25B5%25CF%2584%25CE%25B1%25CE%25BB%25CE%25BB%25CE%25B5%25CE%25AF%25CE%25BF%2520%25CE%25A3%25CE%25BA%25CE%25BF%25CF%2585%25CF%2581%25CE%25B9%25CF%258E%25CF%2584%25CE%25B9%25CF%2583%25CF%2583%25CE%25B1%25CF%2582.jpg%3Fopenelement&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2FMines%2FMinesSrv.nsf%2F0%2F0736d59f3496f8d7c225713a0051a631%3FOpenDocument&docid=Kej\\_CqqbAdp8oM&tbnid=61VV RffOxZ9WM%3A&vet=10ahUKEwji4PyJ-4HUAhWJzRQKHZaaBoUQMwgnKAKwCQ..i&w=510&h=383&bih=541&biw=1334&q=%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B9%CF%8E%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%83%CE%B1&ved=0ahUKEwji4PyJ-4HUAhWJzRQKHZaaBoUQMwgnKAKwCQ&iact=mrc&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2FMines%2FMinesSrv.nsf%2F0%2F0736D59F3496F8D7C225713A0051A631%2F%24file%2F%25CE%259C%25CE%25B5%25CF%2584%25CE%25B1%25CE%25BB%25CE%25BB%25CE%25B5%25CE%25AF%25CE%25BF%2520%25CE%25A3%25CE%25BA%25CE%25BF%25CF%2585%25CF%2581%25CE%25B9%25CF%258E%25CF%2584%25CE%25B9%25CF%2583%25CF%2583%25CE%25B1%25CF%2582.jpg%3Fopenelement&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2FMines%2FMinesSrv.nsf%2F0%2F0736d59f3496f8d7c225713a0051a631%3FOpenDocument&docid=Kej_CqqbAdp8oM&tbnid=61VV RffOxZ9WM%3A&vet=10ahUKEwji4PyJ-4HUAhWJzRQKHZaaBoUQMwgnKAKwCQ..i&w=510&h=383&bih=541&biw=1334&q=%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B9%CF%8E%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%83%CE%B1&ved=0ahUKEwji4PyJ-4HUAhWJzRQKHZaaBoUQMwgnKAKwCQ&iact=mrc&uact=8))

---

## 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- [1] William D. Callister, Jr. “Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών”, Τόμος 5.
- [2] Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, “Η Γεωλογία της Κύπρου”. 2002.
- [3] “Ιστορία των Ελλήνων”, Τόμος 19.
- [4] Κοινοτικό Συμβούλιο Μιτσερού, “Μεταλλεία Μιτσερού”.
- [5] Παντελή Βαρνάβα, “Τα μεταλλεία της Κύπρου”, 1993.
- [6] F. Habashi, “Principles of Extractive Metallurgy”, τόμος 2, Hydrometallurgy. Gordon & Breach, New York, USA 1970.
- [7] Encyclopædia Britannica online, "Metallurgy" 2007.
- [8] F. Habashi, *Principles of Extractive Metallurgy*, τόμος 3, Pyrometallurgy. Gordon & Breach, New York, USA 1986.
- [9] Barry A. Wills, Tim Napier-Munn, “Mineral Processing Technology” 2006.
- [10] Smith, William F. and Hashemi, Javad, *Foundations of Materials Science and Engineering*, 2003.
- [11] Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης
- [12] Τμήμα Περιβάλλοντος
- [13] Δεδομένα και συνεντεύξεις απο HCM
- [14] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1>
- [15] <http://www.moa.gov.cy/moa/Mines/MinesSrv.nsf/All/F65A1CA951D6EC16C225711F00237B62?OpenDocument>
- [16] <http://www.ix-andromeda.com/nicosia/limne-metalleiou-kokkinopezoulas-mitsero.html>

[17] Αναφορές από την πτυχιακή εργασία (Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Κύπρου).

[18] Google earth

[19] Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος Κύπρου

[20] Τμήματα Γεωλογικής Επισκόπησης και Περιβάλλοντος και την Υπηρεσία Μεταλλείων του Υπουργείου Γεωργίας



---

## 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

---

### Λεξικό

Μέταλλο:	Τα ηλεκτροθετικά στοιχεία και τα κράματα που βασίζονται πάνω σε αυτά τα στοιχεία. Η ηλεκτρονική δομή των μετάλλων χαρακτηρίζεται από μια μερικώς συμπληρωμένη ηλεκτρονιακή ζώνη.
Κράμα:	Ένα μεταλλικό υλικό το οποίο αποτελείτε από δύο ή περισσότερα στοιχεία.
Ατομικός αριθμός:	Για ένα χημικό στοιχείο, είναι ο αριθμός των πρωτονίων μέσα στον ατομικό πυρήνα.
Ατομικό βάρος:	Ο σταθμικός μέσος όρος των ατομικών μαζών όλων των φυσικών ισοτόπων ενός ατόμου. Μπορεί να εκφραστεί σε όρους ατομικής μονάδας μάζας ή σε μάζα ανά γραμμάριο (mol) του ατόμου.
Ορείχαλκος:	Κράμα χαλκού – ψευδάργυρου, πλούσιο σε χαλκό.
Χαλκοπυρίτης:	Ορυκτό. Είναι ένα από τα κυριότερα μεταλλεύματα του χαλκού.
Συγκέντρωση – Σύσταση:	Η σχετική αναλογία ενός στοιχείου ή συστατικού, συχνά εκφράζεται ως επί τοις εκατό κατά βάρος ή επί τοις εκατό κατά άτομο.
Διάβρωση:	Υποβαθμίζουσα απώλεια ενός μετάλλου ως αποτέλεσμα της διάλυσης του λόγω περιβαλλοντολογικών αντιδράσεων.
Κρυσταλλικό:	Η κατάσταση ενός στερεού υλικού που χαρακτηρίζεται από μια περιοδική και επαναλαμβανόμενη τρισδιάστατη διάταξη των ατόμων, ιόντων ή μορίων.
Κρυσταλλική δομή:	Για κρυσταλλικά υλικά, ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα ή τα ιόντα είναι παραταγμένα στο χώρο. Καθορίζεται από τη γεωμετρία της μοναδιαίας κυψελίδας και από τις θέσεις των ατόμων εντός τις μοναδιαίας κυψελίδας.

---

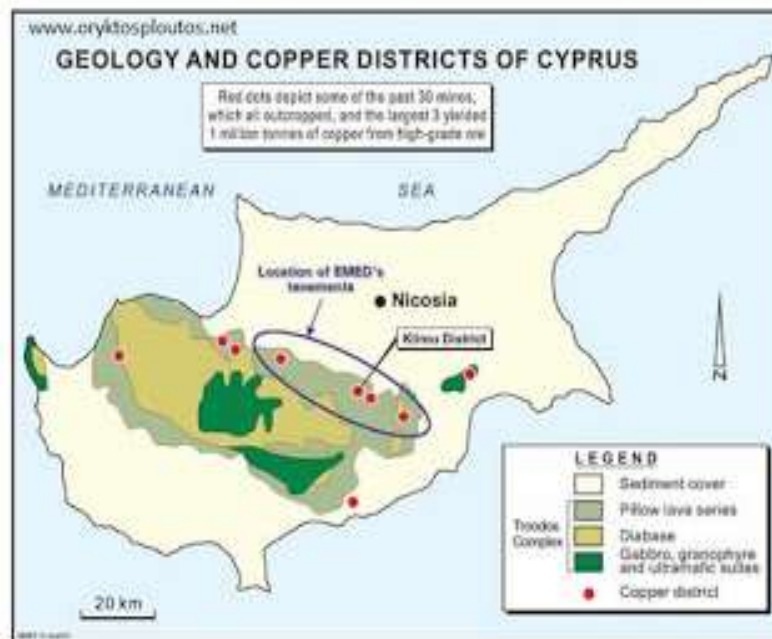
Εμπλουτισμός:	Η σκόπιμη κραμάτωση των ημιαγώγιμων υλικών με ελεγχόμενες συγκεντρώσεις προσμίξεων δότη ή δέκτη.
Ολκιμότητα:	Ένα μέτρο της ικανότητας των υλικών να υφίστανται σημαντική πλαστική παραμόρφωση πριν τη θραύση. Μπορεί να εκφραστεί ως εκατοστιαία επιμήκυνση (%EL) ή εκατοστιαία μείωση επιφάνειας (%RA) σε μια δοκιμή εφελκυσμού.
Ηλεκτρολύτης:	Ένα διάλυμα μέσω του οποίου μπορούμε να έχουμε διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος λόγω της κίνησης των ιόντων του.
Φρύξη:	Μια αντίδραση υψηλής θερμοκρασίας όπου ένα στερεό υλικό διασπάται για να σχηματιστεί ένα αέριο και ένα άλλο στερεό.
Κάθοδος:	Το ηλεκτρόδιο σε ένα ηλεκτροχημικό στοιχείο ή γαλβανικό ζεύγος που υφίσταται αντίδραση αναγωγής ή αλλιώς το ηλεκτρόδιο που δέχεται ηλεκτρόνια από ένα εξωτερικό κύκλωμα.
Κατιόν:	Ένα φορτισμένο μεταλλικό ιόν.
Πύρωση:	Μια θερμική κατεργασία υψηλής θερμοκρασίας, η οποία αυξάνει την πυκνότητα και αντοχή ενός κεραμικού.
Μοριακό βάρος:	Το άθροισμα των ατομικών βαρών όλων των ατόμων σε ένα μόριο.
Μόριο:	Μια ομάδα ατόμων τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με κύριους δεσμούς μεταξύ ατόμων.
Κρυσταλλική δομή:	Για κρυσταλλικά υλικά, ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα ή τα ιόντα είναι παραταγμένα στο χώρο. Καθορίζεται από τη γεωμετρία της μοναδιαίας κυψελίδας και από τις θέσεις των ατόμων εντός της μοναδιαίας κυψελίδας.
Εμπλουτισμός:	Η σκόπιμη κραμάτωση των ημιαγώγιμων υλικών με ελεγχόμενες συγκεντρώσεις προσμίξεων δότη ή δέκτη.
Σημείο τήξης:	Η θερμοκρασία κατά την οποία μια καθαρή ουσία (χημικό στοιχείο ή χημική ένωση), μεταβαίνει από στερεά σε υγρή κατάσταση.

---

Θερμοκρασία βρασμού:	Η θερμοκρασία κατά την οποία μια καθαρή υγρή ουσία μεταβαίνει από την υγρή στη αέρια κατάσταση με την διαδικασία του βρασμού.
Ειδικό βάρος:	Είναι ο λόγος του βάρους ενός σώματος προς τον όγκο του ή προς το βάρος ίσου όγκου απεσταγμένου νερού.
Ηλεκτρόνιο:	Είναι ένα στοιχειώδες σωματίδιο το οποίο φέρει αρνητικό φορτίο και κινείται σε τροχιά γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου.
Άτομο:	Είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός χημικού στοιχείου το οποίο παραμένει αμετάβλητο κατά την εξέλιξη μιας χημικής αντίδρασης.
Ελατότητα:	Είναι η ικανότητα των μετάλλων και κραμάτων να επιδέχονται διάφορους τρόπους μορφοποίησης υπό πίεση, όπως π.χ. σφυρηλάτηση, εξέλαση, κ.λπ. Είναι μια ιδιότητα που την έχουν τα περισσότερα καθαρά μέταλλα.
Έκπλυση:	Είναι ο αποχωρισμός ενός υλικού από ένα άλλο με πλύση..
Εβαποριτές:	Ιζήματα που σχηματίστηκαν σε κλειστές θαλάσσιες δεξαμενές με εξάτμιση, με μακρόχρονη περίοδο ξηρού και ζεστού καιρού με αποτέλεσμα αφήνουν πίσω τους χαρακτηριστικά πετρώματα όπως ο γύψος, ανυδρίτης, το ορυκτό αλάτι και κορναλλίτη.
Υδατοστεγή επιφάνεια:	Η επιφάνεια η οποία είναι αδιαπέραστη από το νερό.
Σύμπλοκο:	Είναι ένα σταθερό συγκρότημα ατόμων το οποίο αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο, συνήθως μεταλλικό ιόν, το οποίο ενώνεται με ορισμένο αριθμό ιόντων ή ουδέτερων στοιχείων.
Πορώδες:	Μικρά διάκενα μέσα στα στερεά σώματα, περισσότερο ή λιγότερο εκτεταμένα, που διακρίνονται είτε μακροσκοπικά είτε μικροσκοπικά.
Οξειδωση:	Είναι η ένωση του οξυγόνου με τα επιφανειακά άτομα ενός στοιχείου.
Αναγωγή:	Είναι η αφαίρεση οξυγόνου από μία ένωση ή η προσθήκη υδρογόνου σ' αυτή.

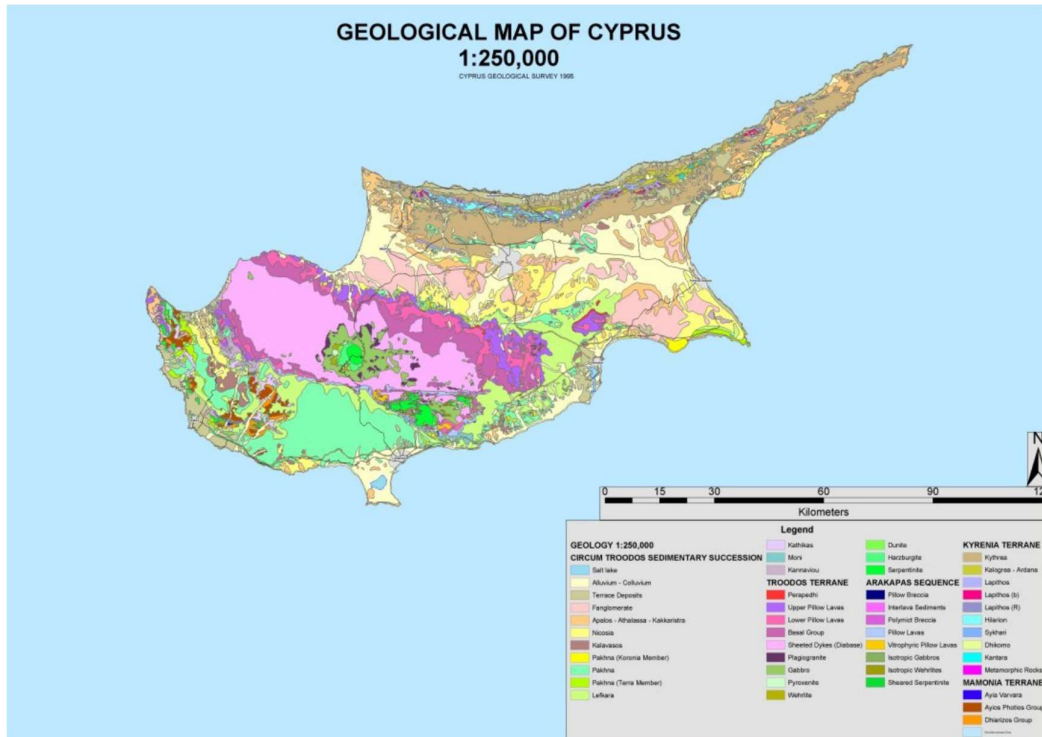
## 8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### Χάρτες



Simplified geological map of Cyprus showing the Troodos Complex in the southwest, the location of EMED Mining Permits and major historical copper districts.

([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fhellasforce.files.wordpress.com%2F2017%2F01%2Fcebacf85cf80cf81cebfcf83-4.jpg%3Fw%3D890&imgrefurl=https%3A%2F%2Fhellasforce.com%2F2017%2F01%2F25%2F%25CE%25B4%25CE%25B9%25CE%25B4%25CE%25B1%25CF%2583%25CE%25BA%25CE%25BF%25CE%25BD%25CF%2584%25CE%25B1%25CE%25B9-%25CE%25B1%25CF%2585%25CF%2584%25CE%25B1-%25CF%2584%25CE%25B1%25CF%2587%25CE%25B1-%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25BF-%25CF%2580%25CE%25B1%25CE%25BD%25CE%25B5%25CF%2580%25CE%25B9%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25B7%25CE%25BC%2F&docid=eyswZag3djyURM&tbnid=wQ9T4Dy3bQbCXM%3A&vet=10ahUKEwjg\\_snC-YHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwgmKAUwBQ..i&w=600&h=505&bih=541&biw=1334&q=geology%20and%20copper%20districts%20of%20cyprus&ved=0ahUKEwjg\\_snC-YHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwgmKAUwBQ&iact=mr&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fhellasforce.files.wordpress.com%2F2017%2F01%2Fcebacf85cf80cf81cebfcf83-4.jpg%3Fw%3D890&imgrefurl=https%3A%2F%2Fhellasforce.com%2F2017%2F01%2F25%2F%25CE%25B4%25CE%25B9%25CE%25B4%25CE%25B1%25CF%2583%25CE%25BA%25CE%25BF%25CE%25BD%25CF%2584%25CE%25B1%25CE%25B9-%25CE%25B1%25CF%2585%25CF%2584%25CE%25B1-%25CF%2584%25CE%25B1%25CF%2587%25CE%25B1-%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25BF-%25CF%2580%25CE%25B1%25CE%25BD%25CE%25B5%25CF%2580%25CE%25B9%25CF%2583%25CF%2584%25CE%25B7%25CE%25BC%2F&docid=eyswZag3djyURM&tbnid=wQ9T4Dy3bQbCXM%3A&vet=10ahUKEwjg_snC-YHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwgmKAUwBQ..i&w=600&h=505&bih=541&biw=1334&q=geology%20and%20copper%20districts%20of%20cyprus&ved=0ahUKEwjg_snC-YHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwgmKAUwBQ&iact=mr&uact=8))



([https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2Fgsd%2Fgsd.nsf%2F0%2F43CA34467BC412EAC2256FB30035287E%2F%24file%2FGeologicalMapOfCyprus\\_250k\\_en.jpg%3FOpenElement&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.news.cyprus-property-buyers.com%2F2012%2F10%2F22%2Fare-the-authorities-waiting-for-a-tragedy-like-aberfan%2Fid%3D0013076&docid=nXVRI0eOHoo0UM&tbnid=SuTSH\\_Yy1lL4mM%3A&vet=10ahUKEwjg\\_snCYHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwhpKDIwMg..i&w=2953&h=1841&bih=541&biw=1334&q=geology%20and%20copper%20districts%20of%20cyprus&ved=0ahUKEwjg\\_snCYHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwhpKDIwMg&iact=mr&uact=8](https://www.google.com.cy/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.moa.gov.cy%2Fmoa%2Fgsd%2Fgsd.nsf%2F0%2F43CA34467BC412EAC2256FB30035287E%2F%24file%2FGeologicalMapOfCyprus_250k_en.jpg%3FOpenElement&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.news.cyprus-property-buyers.com%2F2012%2F10%2F22%2Fare-the-authorities-waiting-for-a-tragedy-like-aberfan%2Fid%3D0013076&docid=nXVRI0eOHoo0UM&tbnid=SuTSH_Yy1lL4mM%3A&vet=10ahUKEwjg_snCYHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwhpKDIwMg..i&w=2953&h=1841&bih=541&biw=1334&q=geology%20and%20copper%20districts%20of%20cyprus&ved=0ahUKEwjg_snCYHUAhWMWhQKHeSbCnMQMwhpKDIwMg&iact=mr&uact=8))